

# BETONISTA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Muotoilu- ja taideinstituutti  
Muotoilun koulutustohjelma  
Kalustemuotoilu  
Opinnäytetyö AMK  
Mikko Kapanen  
kevät 2015

Tiivistelmä	Opinnäytetyössäni, Betonista, tutkin betonin käyttömahdollisuuksia kalustemuotoilussa.	Abstract	In my graduation project, From Concrete, I study the possibilities of concrete in furniture design.	1 Johdanto	2	7 Suunnitteluprosessi	69
	Tutkimalla betonin ominaisuuksia pyrin löytämään sille ominaisen muotokielen. Tämän muotokielen tulen muokkaamaan kalusteeksi.		By examining concretes properties I aspirite to find it's most natural form. From this form I will create an furniture.	1.1 Aihe ja taustat		7.1 Materiaali	
				1.2 Tutkimusasetelma		7.2 Valmistustekniikka	
Avainsanat :	Betoni, istuminen, bioinspiroitunut suunnittelu	Keywords :	Concrete, sitting, bio inspired design	2 Betoni materiaalina	3	7.3 Dimensiot	
				2.1 Tekniset ominaisuudet		7.4 Ergonomia	
				2.2 Ympäristö ominaisuudet		7.5 Muotokieli, tyyli ja tunnelma	
Betonista	Lahden ammattikorkeakoulu Muotoilu- ja taideinstituutti Muotoilun koulutusohjelma	From Concrete Lahti University of Applied Sciences Institute of Design and Fine Arts BA in design		2.3 Muokattavuus		8 Lopputulos	75
				2.4 Betonin käytön historiasta		8.1 Esittely	
						8.2 Käyttöympäristöt	
Mikko Kapanen Betonista				3 Betonin muotokieli	15	9 Arviointi	81
				3.1 Betonin muotokieli		9.1 Tuote	
				3.2 Betoni arkkitehtuurissa		9.2 Prosessi	
Kalustemuotoilu Opinnäytetyö AMK				3.3 Betoni tuotemuotoilussa		9.3 Jatkokehitys	
Sivumäärä				4 Bioinspiroitunut suunnittelu	43	Lähteet	
				4.1 Käsite		Liitteet 1 Mitat	
				4.2 Luonnon jäljittely		Liitteet 2 Kuvia proton valmistuksesta	
Kevät 2015				5 Istuminen	59	Liitteet 3 Valmis proto	
				5.1 Passiivinen istuminen			
				5.2 Aktiivinen istuminen			
				5.3 Betoni istuimet			
				6 Tavoitteet ja rajaus	65		
				6.1 Materiaalitavoitteet			
				6.2 Toiminnalliset tavoitteet			
				6.3 Esteettisvisuaaliset tavoitteet			
				6.4 Rajaus			





## 1 Johdanto

### 1.1 Aihe ja taustat

Opinnäytetyössäni lähestyn muotoiluprosessia itselleni poikkeavalla tavalla. Tavallisesti oma prosessini lähtee liikkeelle halusta tai tehtävänannosta suunnitella jokin tietty tuote. Nyt lähestyn muotoiluprosessia valitsemalla ensin materiaalin ja etsimällä sille ominaisen muotokielen.

Materiaaliksi valitsin arkkitehtuurissa suuresti pitämäni betonin. Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali, mutta kuitenkin hyvin vähän käytetty materiaali kalustemuotoilussa. Betonin materiaaliominaisuuksia tutkimalla pyrin löytämään sen vahvuudet ja yhdistämään ne löytämäni muotokieleen.

### 1.2 Tutkimusasetelma

Betonille ominaisen muotokielen tulen etsimään arkkitehtuuria ja luontoa sekä betonin teknisiä ominaisuuksia tutkimalla. Arkkitehtuurista tuon kuvilla esille esimerkkejä joissa betonille ominainen muotokieli mielestäni toteutuu. Luonnonarkkitehtuuria tutkimalla pyrin vahvistamaan omaa käsitystäni siitä miten ihminen on aina hyödyntänyt tietoisesti tai tiedostamattaan luonnon muovaamia rakenteita. Tuotteessani pyrin yhdistämään löytämäni muotokielen ja sitä tukevan betonin ominaisuuden toimivaksi tuotteeksi.

< Eero Saarinen, 1962, TWA terminaali



## 2 Betoni materiaalina

### 2.1 Tekniset ominaisuudet

Betoni on maailman yleisin rakennusmateriaali. Tämän mahdollistaa raaka-aineiden hyvä saatavuus ja yksinkertainen valmistusteknologia. Betonin pääraaka-aineet ovat sementti, vesi ja kiviaines. Betonin raaka-aineet otetaan maaperästä. Kiviaines on paikallista, eikä vaadi yleensä pitkiä kuljetusmatkoja. Betonin kiviainesta on saatavissa rajattomasti lähes kaikkialla. Sementti valmistetaan pääasiassa kalkkikivistä, joka on yksi maapallon yleisimmistä kivilajeista.

Betonin valmistuksessa pystytään käyttämään raaka-aineena muun teollisuuden muutoin jätteeksi meneviä sivutuotteita, kuten lentotuhkaa, masuunikuonaa ja silikaa.

Kemiallinen reaktio muuttaa betonin nestemäisestä seoksesta lujaksi ja kiinteäksi materiaaliksi. Betoni on kivipohjaisena materiaalina kestävä, luja ja vähän huoltoa vaativa.

Betonimassan ominaisuuksia voidaan muokata erilaisilla lisä- ja seosaineilla. Lisäaineilla voidaan vaikuttaa mm. pakkasenkestävyyteen sekä massan notkeuteen. Seosaineilla vaikutetaan mm. betonin lujuuteen ja massan työstettävyyteen.

Betonin puristuslujuus on erittäin hyvä. Vetolujuus sen sijaan vaatii vahvistamista esim. rautarakenteiden avulla. Myös seosaineilla (kuitubetoni) voidaan vaikuttaa vetolujuuteen.  
(Betoniteollisuus ry, 2010)

Teräsmuottiin valetun betonin pinta >



[http://www.texturezone.com/wp-content/uploads/2009/10/Concrete\\_Texture\\_3.jpg](http://www.texturezone.com/wp-content/uploads/2009/10/Concrete_Texture_3.jpg)





<http://www.powerhousemuseum.com/inside-thecollection/files/2013/10/00222591.jpg>

## Edut

Kestävä  
Pitkäikäinen  
Palamaton  
Sovellettavuus  
Säänkesto  
Paino  
Ympäristö ystävällinen  
Edullinen

## Haitat

Korjaaminen vaikeaa  
Työläs jälki työstää  
Muotti kustannukset  
Terävien kulmien mureneminen  
Paino  
Epäterveelliset ainesosat massavaiheessa

Edullisuutensa ansiosta betonilla voidaan toteuttaa mittavatkin projektit yleensä taloudellisesti kannattavina. Koska betoni on palamaton materiaali käytetään sitä erityisen paljon julkisissa tiloissa, joiden turvallisuusmääräykset ovat tiukkoja.

< Sydney oopperatalo rakennusvaiheessa

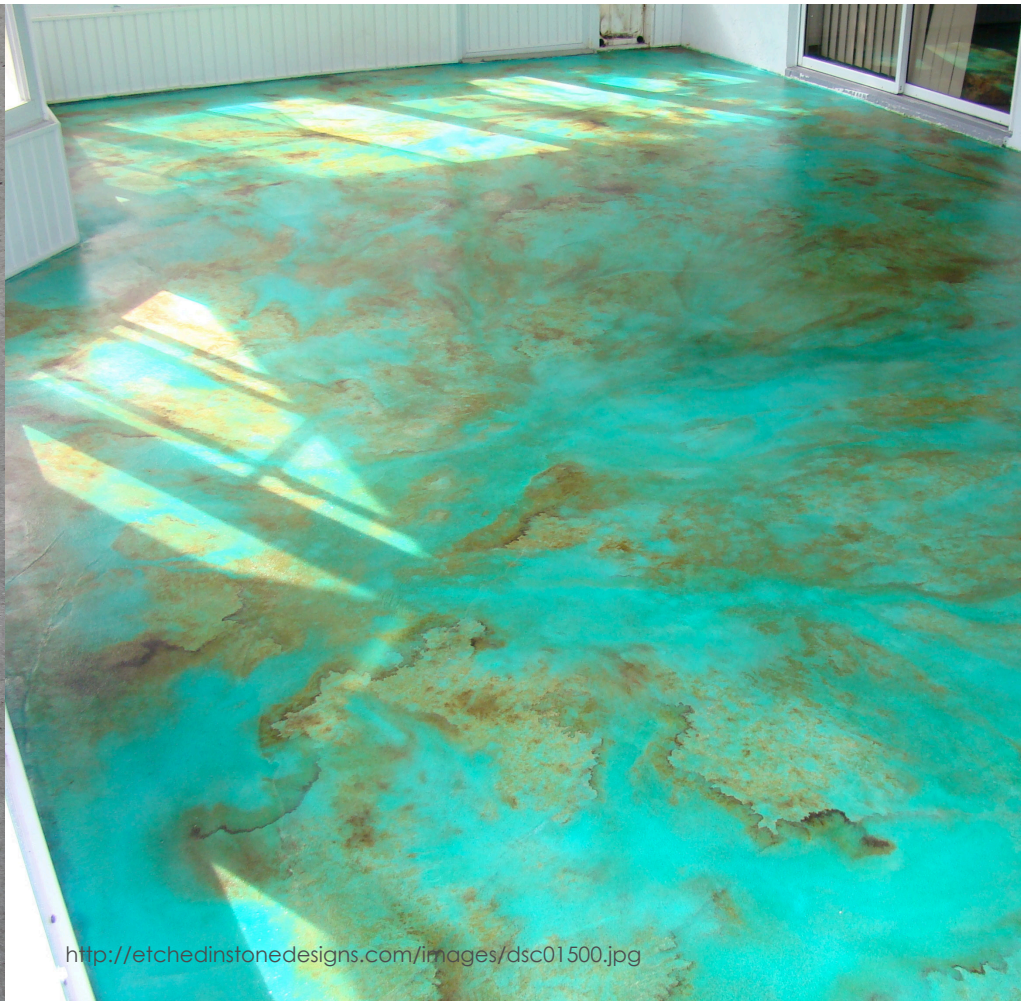




Graafinen betoni, Hämeenlinnan maakuntaarkiston julkisivu



Muottilaudoituksen jättämä pinta struktuuri



Happovärjätty betonilattia



Löpinäkyvä betoni





<http://www.passiivitalo.com/eliitti/kuvatvaatava/kuvasa1094.jpg>

Matalaenergia talo betoniharkoista



<http://www.organicarchitect.com/research/2007awards/organicconcrete/organicconcrete01.jpg>

Orgaaninen betoni, kasvualusta

## 2.2 Ympäristö ominaisuudet

Betonin ekologisuus pohjaa sen pitkäikäisyyteen. Valtaosa betonin valmistuksen ympäristöpäästöistä (hiilidioksidi) syntyy sementin poltossa. Polttoprosessi kuluttaa myös paljon energiaa. Polttoprosessin energian kulutusta on saatu pienennettyä huomattavasti viime vuosina ja fossiilisia polttoaineita on korvattu biopolttoaineilla.

Hiilidioksidipäästöt kompensoituvat osittain rakenteen käytön aikana, kun betoni reagoi ilman hiilidioksidin kanssa. Pitkällä aikavälillä sementin valmistuksessa irronneesta hiilidioksidista saadaan ilmakehästä sitoutettua takaisin noin neljännes. Betoni ei sisällä terveydelle tai ympäristölle vaarallisia aineita. Betoni kuuluu pintamateriaalien päästöluokituksen parhaimpaan M1-luokkaan.

Betonia voidaan kierrättää murskaamalla se ja käyttämällä murske joko tienrakennuksessa tai uuden betonin valmistuksessa kiviainekseksi.

Uusi betoni voi sisältää 20% murskattua betonia ilman että sen ominaisuudet muuttuvat.

Betoni sitoo hyvin lämpöä ja sitä käytetään paljon runkomateriaalina nollaenergiataloissa.

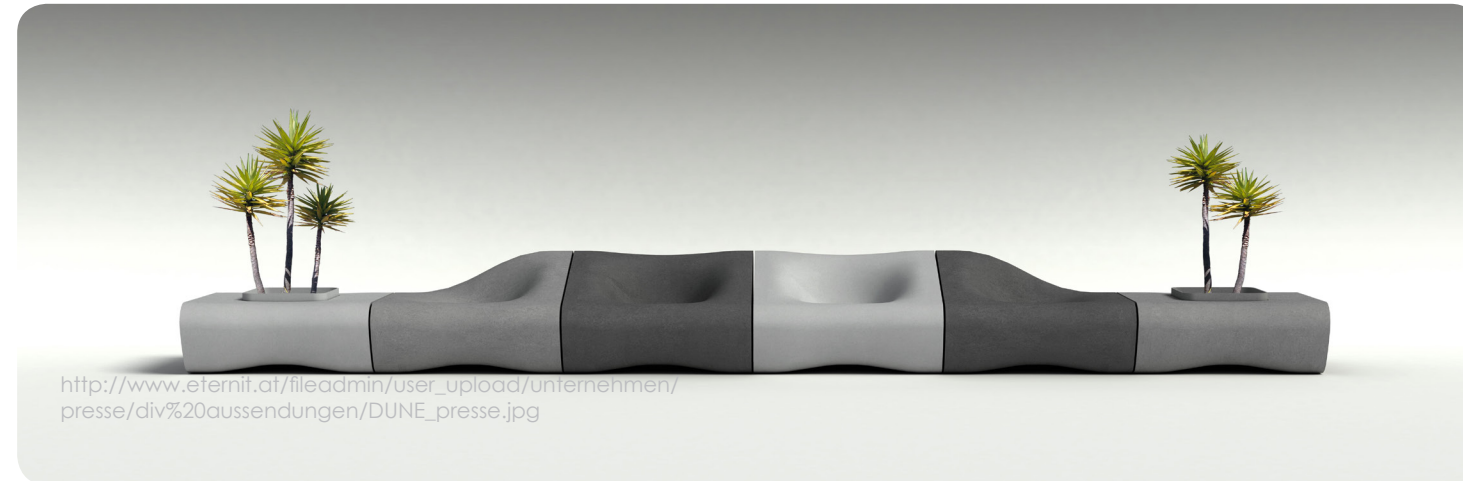
Betoni tuotteen pitkä ja huoltovapaa käyttöikä tekevät siitä kestävästä kehitystä tukevan materiaalin.  
(Betoniteollisuus ry, 2010)



## 2.3 Muokattavuus

Valettavana materiaalina betoni tarjoaa lähes rajattomat mahdollisuudet muodolle. Sille voidaan antaa eloisa, pehmeä olemus tai tiukka geometrinen muoto. Betonin pintaan voidaan tehdä tekstuureja joko muotin tai hidastekalvon avulla. Sitä voidaan läpi värjätä pigmenttein ja kemiallisilla reaktioilla.

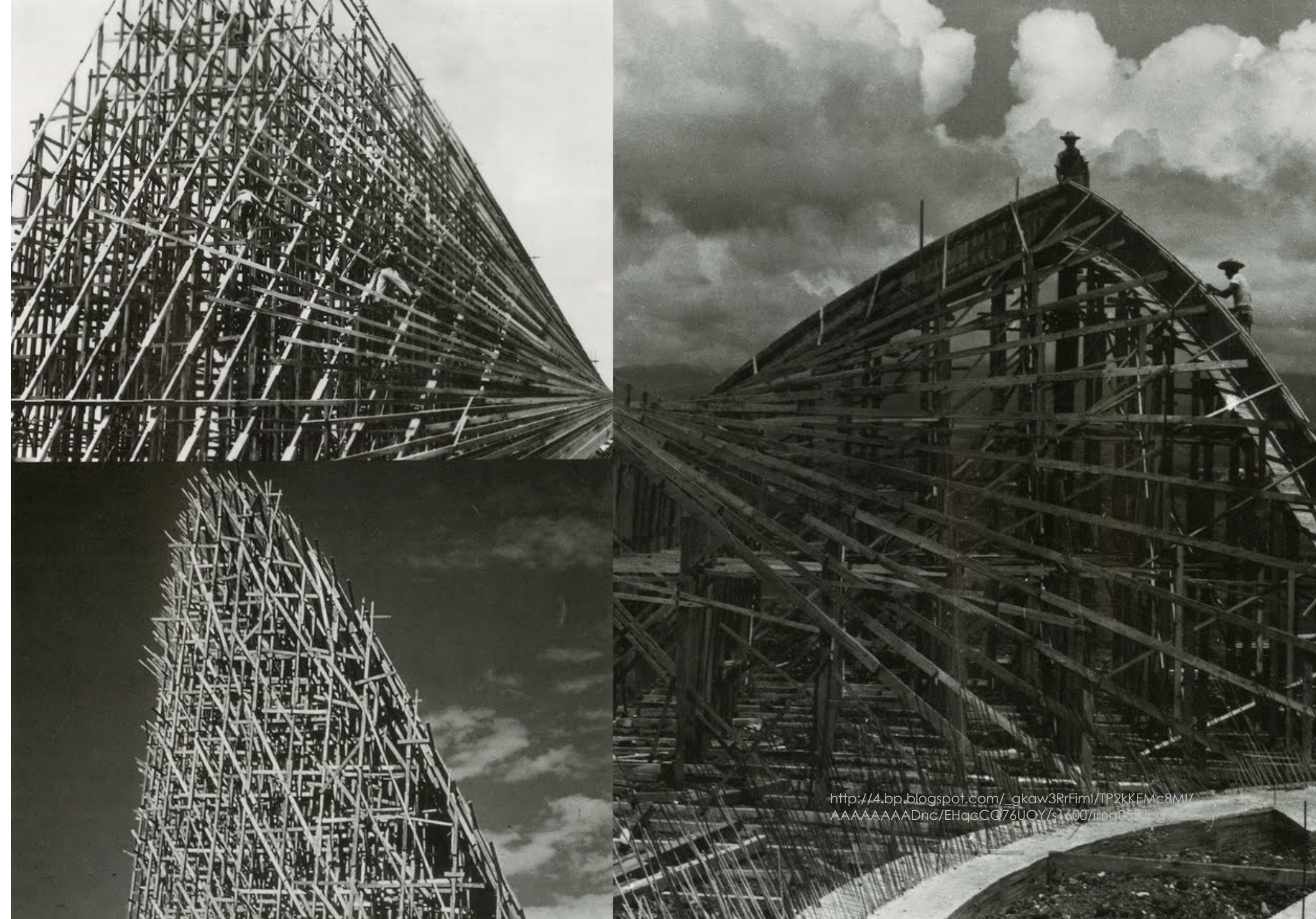
”Betoni on yksi vanhimmista, vahvimista ja kestävimmistä materiaaleista, mitä ihminen on koskaan tehnyt. Koska sitä sekoitetaan ja valetaan, sen eri variaatiot ja design potentiaali on melkein loputon. Erilaisissa sovelluksissa on rajana vain mielikuvitus.”  
(Ellerbeck Wanda, 2003)



[http://www.eternit.at/fileadmin/user\\_upload/unternehmen/presse/div%20aussendungen/DUNE\\_presse.jpg](http://www.eternit.at/fileadmin/user_upload/unternehmen/presse/div%20aussendungen/DUNE_presse.jpg)

Rainer Mutsch, Dune, 2010

Felix Candela, 1959, Palmiran ulkoilma kappeli rakennusvaiheessa >



[http://4.bp.blogspot.com/\\_gkaw3RrFim/TP2kKEMc8MI/AAAAAAAAADnc/EHqcCG76UOY/s1600/img055.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_gkaw3RrFim/TP2kKEMc8MI/AAAAAAAAADnc/EHqcCG76UOY/s1600/img055.jpg)





<http://www.ancient.eu/uploads/images/127210-g?v=1391175552>

## 2.4 Betoni rakentamisen historiasta

Lähes 2000 vuotta vanha Rooman Pantheon on yksi varhaisimpia betonirakenteita. Siinä vanhaa tekniikkaa oli kreikkalaisilta peritty kivirakentamisen taito ja uutta betonirakennustapa. Rooman kulttuurin rappeutumisen myötä betonin käyttö kuitenkin hiipui ja keskiajalla sitä ei käytännössä edes tunnettu.

Uudelleen betonia ryhdyttiin käyttämään 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen jälkeen. Tieto betonin käytöstä rungon rakentamiseen levisi maailmanlaajuisesti Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900. Suomessa vanhimpia käyttökohteita ovat taidokkaasti valetut portaikot, jotka ovat edelleenkin käytössä lähes kaikissa vuosisadan vaihteen kivitaloissa.

Vuosisadan alkupuolen betoni otettiin käyttöön kaikilla rakentamisen osa-alueilla. Betonia käytetään sekä talonrakentamisessa että infrarakentamisessa. Infrarakentamista ovat esimerkiksi padot ja tunnelit, putkilinjat, sillat, tienpäälysteet, satamarakenteet, melusteet, jäteveden puhdistamot, energialaitokset, vesitornit ja aallonmurtajat. Betoni materiaalina sopii infrarakenteisiin hyvin, koska se kestää kosteutta ja säärasituksia, mekaanista kulutusta sekä korkeita lämpötiloja.

Arkkitehtonisesti betonin muovailtavuus tarjosi uusia mahdollisuuksia.

Betoniteollisuutta alettiin kehittää elementtiteknologian avulla 1950-luvulla. Vuonna 1970 julkaistiin betonielementtijärjestelmä BES, joka vakioi betonielementtityypit ja liitosdetaljit siten, että urakoitsijat voivat hankkia valmisosia useilta toimittajilta samaan rakennukseen. Valittu runkojärjestelmä, so. kantavien seinien ja pitkien esijännitettyjen välipohjalaattojen käyttö, antoi lähes vapaat vaihtelumahdollisuudet asuntojen pohjaratkaisujen suunnittelulle. (Betoniteollisuus ry, 2010)

< Pantheon, Rooma, 118-128 jaa.



### 3 Betonin muotokieli

#### 3.1 Betonin olemus

Betoni on vahvasti mielipiteitä jakava materiaali jolla on vahva luonne. Toiset pitävät sitä harmaana ja rumana, kun taas toiset eloisana ja veistoksellisena. Taitavasti käytettyä betoni on monipuolinen ja arvokas materiaali. Yhdistelemällä betonia muiden materiaalien ja luonnon kanssa saadaan aikaiseksi mielenkiintoisia kontrasteja.

Pinnan struktuureilla betonin olemusta tilassa voidaan joko vahvistaa tai häivyttää. Vahvasta luonteestaan huolimatta betonilla voidaan yhdistää saumattomasti sisätila ulkotilaan.

#### Betonin muotokieli

Orgaanista  
Geometristä  
Matemaattista  
Vahvaa  
Pitää valosta  
Massan vaihtelut  
Ohuet pystyrakenteet  
Hyödyntää tyhjää tilaa

Amanda Levete, 2006, Drift penkki. Betonin veistoksellisuus >



<https://www.woont.com/en/Furniture/Outdoor-Furniture/Outdoor-Benches/Drift-Concrete-Established-Sons-102725>



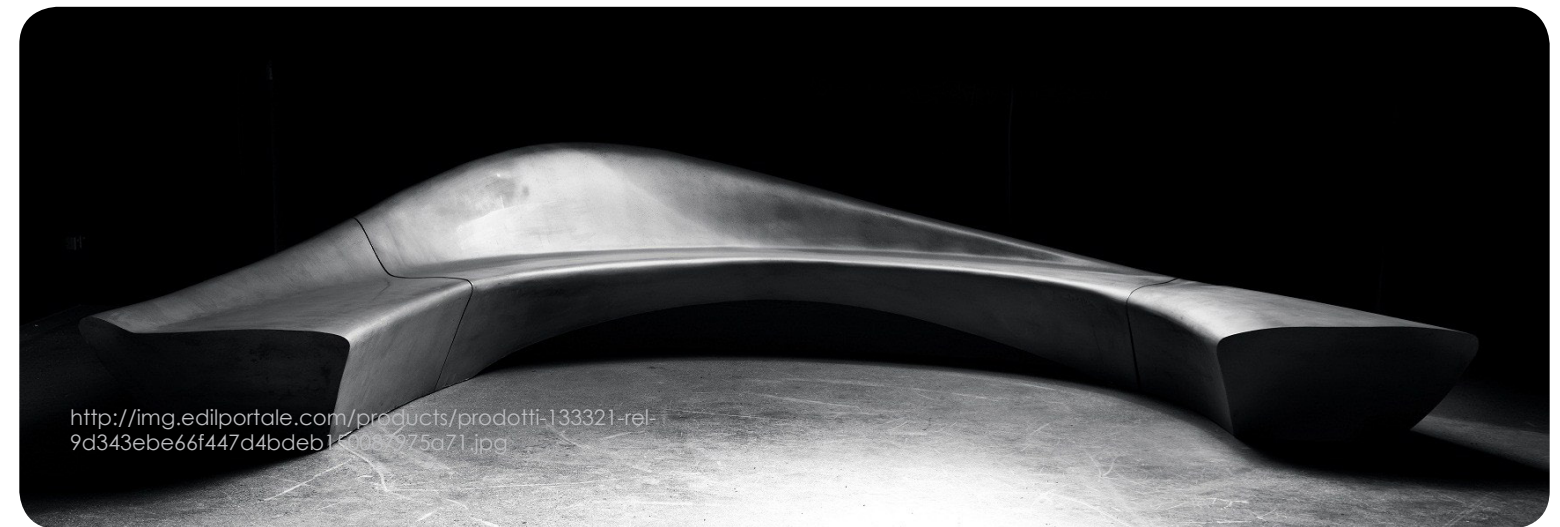


[http://1.bp.blogspot.com/-mKAa\\_f6r00g/UQUMa6ciyI/AAAAAAAAAWaQ/uBvCbJPvKMw/s1600/Hoto+Fudo+by+Takeshi+Hosaka+Architects18.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-mKAa_f6r00g/UQUMa6ciyI/AAAAAAAAAWaQ/uBvCbJPvKMw/s1600/Hoto+Fudo+by+Takeshi+Hosaka+Architects18.jpg)

## Orgaanisuus

Betonin luonne ja ominaisuudet toimivat hyvin orgaanisten muotojen kanssa. Kaarevissa muodoissa rakenteisiin kohdistuvat taivutusvoimat saadaan muutettua puristusvoimiksi, jolloin rakenteita voidaan ohentaa.

Valettavana materiaalina betoni antaa lähes rajattomat mahdollisuudet muodonantoon.



<http://img.edilportale.com/products/prodotti-133321-rel-9d343ebe66f447d4bdeb150087975a71.jpg>

René Holten, BOOMER ONE penkki

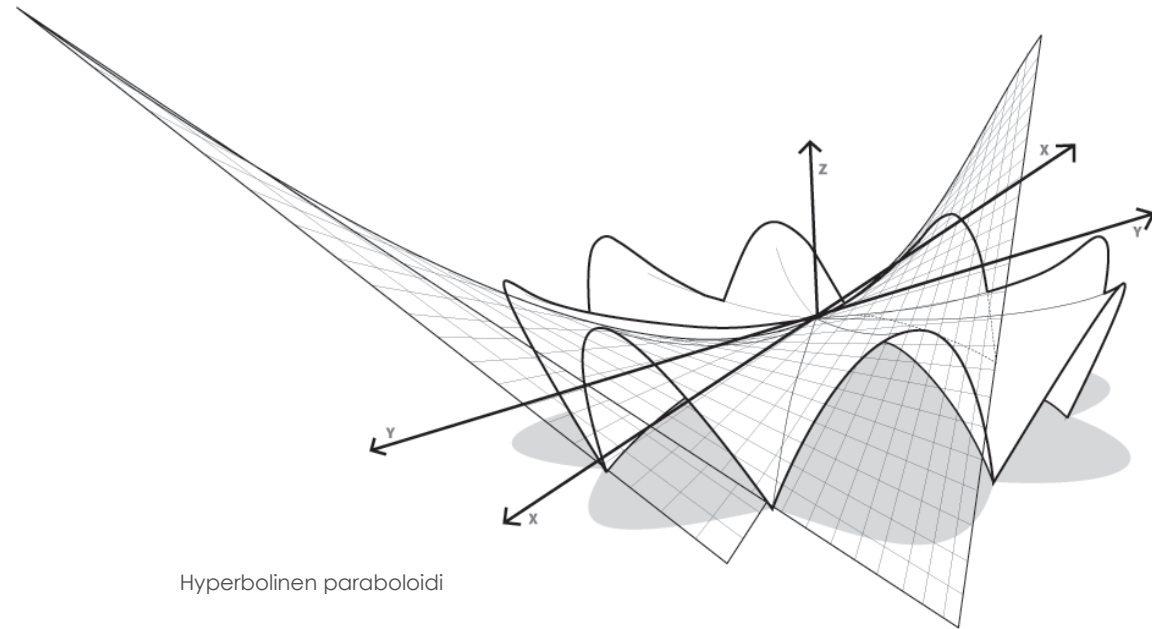
< Takeshi Hosaka Architects, 2010, Hoto Fudo ravintola



## Geometrisuus

Matemaattiset vahvat muodot, niin suorat kuin paraboliset toimivat hyvin betonin kanssa. Geometrisillä perusmuodoilla saadaan aikaan olemukseltaan vahvoja muotoja, kun taas matemaattisilla parabolisilla muodoilla päästää samaan keveyteen kuin orgaanisilla muodoilla.

Hyperbolinen paraboloidi muoto yhdessä jännitetyn teräksen kanssa mahdollistaa äärimmäisen ohuen rakenteen. Espanjalainen arkkitehti Felix Candela kehitti ja käytti paljon kyseistä tekniikkaa töissään.



Hyperbolinen paraboloidi

Felix Candela, 1958, Los Manantiales ravintola >



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/L%27Oceanografic\\_%28Valencia%2C Spain%29\\_01.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/L%27Oceanografic_%28Valencia%2C Spain%29_01.jpg)



# ORGANISUUS

[http://www.google.fi/urlsa=i&source=images&cd=&ved=0CAUQjBw&url=https%3A%2F%2Fkarenjohnsonphotography.files.wordpress.com%2F2011%2F10%2Ftwa-terminal-full.jpg&ei=oaEaVauwGsyQsgGM9oCgAQ&psig=AFQjCN-GogPsgu1aw0XypHM7-7\\_vFR8Nd8A&usq=142789507356855](http://www.google.fi/urlsa=i&source=images&cd=&ved=0CAUQjBw&url=https%3A%2F%2Fkarenjohnsonphotography.files.wordpress.com%2F2011%2F10%2Ftwa-terminal-full.jpg&ei=oaEaVauwGsyQsgGM9oCgAQ&psig=AFQjCN-GogPsgu1aw0XypHM7-7_vFR8Nd8A&usq=142789507356855)

Eero Saarinen, 1962, TWA terminaali



[http://www.archdaily.com/wp-content/uploads/2014/01/52dd-58b3e8e44e45120001da\\_le-corbusier-s-ronchamp-vandalized\\_a.jpg](http://www.archdaily.com/wp-content/uploads/2014/01/52dd-58b3e8e44e45120001da_le-corbusier-s-ronchamp-vandalized_a.jpg)

Le Corbusier, 1955, Notre Dame du Haut kappeli



# GEOMETRISUUS

[https://c1.staticflickr.com/3/2204/2247214630\\_d8ffb48f3c\\_b.jpg](https://c1.staticflickr.com/3/2204/2247214630_d8ffb48f3c_b.jpg)



Matsuyama Architects, 2013, House of Amami Oshima

[http://leibal.com/wp-content/uploads/2014/01/leibal\\_amamiooshima\\_matsuyama\\_3.jpg](http://leibal.com/wp-content/uploads/2014/01/leibal_amamiooshima_matsuyama_3.jpg)





VALO

[http://40.media.tumblr.com/11a4fdf57b4ff35d03cb3b7270d94ea5/tumblr\\_nmon8y006y1sorrnlo1\\_1280.jpg](http://40.media.tumblr.com/11a4fdf57b4ff35d03cb3b7270d94ea5/tumblr_nmon8y006y1sorrnlo1_1280.jpg)

Sydneyn oopperatlon rakenteita



Le Corbusier, 1955, Notre Dame du Haut

[http://www.collinenotredameduhaut.com/vignettes/11384/f\\_518763c01f2cf.jpg-1200-1000-outside-down-.jpg](http://www.collinenotredameduhaut.com/vignettes/11384/f_518763c01f2cf.jpg-1200-1000-outside-down-.jpg)



### 3.2 Betoni arkkitehtuurissa

1950-luvun loppu puoliskolle asti betonirakentaminen tapahtui pääasiassa paikalle valamalla. Tämän ansiosta rakennuskanta oli monipuolista. Tyypillisiä piirteitä olivat selkeät pelkistetyt geometriset muodot sekä taitava plastinen muodon hallinta.

1960-luvulla elementti tekniikoiden saattelemana alkoi massarakentamisen aalto. Rakennuskanta samankaltaistui tehokkuuden ja edullisuuden ollessa pää argumentteja rakentamisessa.

1980-luvun alussa asuinympäristön yksipuolisuudesta alettiin yleisesti huolestua. Pitkäjänteinen 80-luvulla alkanut betonin kehitystyö johti 90-luvulla rakennuskannan monimuotoistumiseen.

2000-luvulle siirryttäessä betonirakentamisessa on alkanut uusi uniikin paikalla valun aalto. Betonia markkinoidaan nyt ekologisena, muunneltavana materiaalina.

Arkkitehtuurissa betonia yhdistellään moniin materiaaleihin, yleisimpinä lasi ja teräs.

Le Corbusier, 1958, Philipsin maailman näyttely paviljonki >

Le Corbusier, 1931, Villa Savoyen portaikko >>



<https://annastereoscopic.files.wordpress.com/2012/10/01-philips-pavillion-expo-58-le-corbusier-xenakis-varc3a8se.jpg>



<http://archikey.com/picture/read/559/Villa-Savoye.jpg>





[http://www.cgarchitect.com/content/portfolioitems/2013/04/75717/041\\_savoye\\_large.jpg](http://www.cgarchitect.com/content/portfolioitems/2013/04/75717/041_savoye_large.jpg)

Le Corbusier, 1931, Villa Savoyen



Marcel Breuer, 1977, Robert H. Humphrey Federal Office Building

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/DHHS.jpg> by Matthew Bisanz, JRG





<https://danvirginia.files.wordpress.com/2013/06/virginia-duran-blog-naked-architecture-new-concrete-house-by-wespi-de-meuron.jpg>

Wespi de Meuron, 2012



Walid Zeidan, 2014

<http://www.archdaily.com/wp-content/uploads/2015/06/24-architects-walid-zeidan-10.jpg>





[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Galleria\\_%EF%BD%81%EF%BD%8B%E1%BD%8B%EF%BD%81.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Galleria_%EF%BD%81%EF%BD%8B%E1%BD%8B%EF%BD%81.JPG)



Pier-Luigi Nervi - Palazzetto dello Sport

<https://jfricol.files.wordpress.com/2011/01/nervi021.jpg>





[http://www.lyon-beton.com/wp-content/uploads/2014/09/DL-09109\\_chaise-hauteville-beton-mobilier-outdoor\\_04.jpg](http://www.lyon-beton.com/wp-content/uploads/2014/09/DL-09109_chaise-hauteville-beton-mobilier-outdoor_04.jpg)

### 3.3 Betoni tuotemuotoilussa

Betonin käyttö sisustuksessa ja pienessä mittakaavassa on yleistynyt 2000-luvulla. Tuotemuotoilussa betonin suurin haaste on paino. Mielestäni betonia pitäisikin käyttää tuotemuotoilussa aina siten, että sen ominaisuuksia hyödynnettäisiin, eikä vain siksi että se on jännä materiaali valinta.

Muottiin valaminen mahdollistaa kappaleiden yhdenmukaisuuden ja helpon toistamisen.



<http://www.rsdesigns.com.au/blog/files/22-concrete-sketch.jpg>

Skissikynä

< lyon beton, pihatuoli





[http://www.lyon-beton.com/wp-content/uploads/2014/04/DB-09104\\_cloud\\_objet\\_design-etagere-beton-pour-papier-toilette\\_11.jpg](http://www.lyon-beton.com/wp-content/uploads/2014/04/DB-09104_cloud_objet_design-etagere-beton-pour-papier-toilette_11.jpg)

lyon beton, wc-papierirullateline



<http://cdn.freshome.com/wp-content/uploads/2013/12/street-furniture-2.jpg>

Alex Litschutz - Coda roskapönttö





[http://gabbi-art.com/images/twist\\_3\\_GABBI-ART.com\\_concrete\\_ring\\_Betonring\\_2.jpg](http://gabbi-art.com/images/twist_3_GABBI-ART.com_concrete_ring_Betonring_2.jpg)

Sormus



lyon beton, lattiavalaisin

[http://www.lyon-beton.com/wp-content/uploads/2012/01/LT-001\\_Concrete-Floor-Lamp\\_05.jpg](http://www.lyon-beton.com/wp-content/uploads/2012/01/LT-001_Concrete-Floor-Lamp_05.jpg)





<http://www.architetturaxtutti.com/2015/02/the-new-concrete-furniture-design-trend/>

Florian Schmid - Stitching betonikangastuoli



Benjamin Hubert, 2009, Heavy pöytälamppu

<http://www.benjaminhubert.co.uk/works/lighting/heavy/heavy>



## 4 Bioinspiroitunut suunnittelu

### 4.1 Käsite

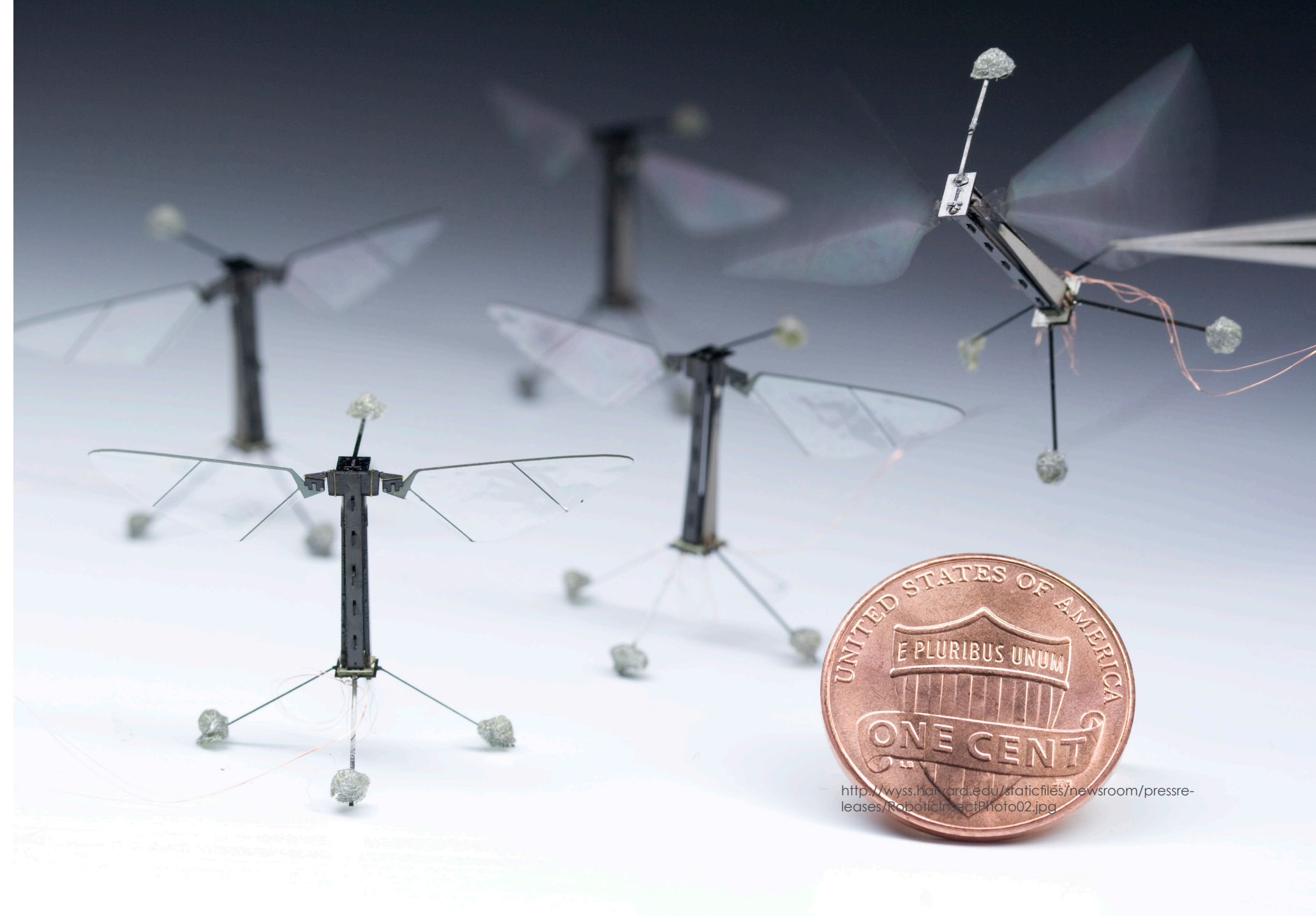
Bioinspiroitunut suunnittelu kuvaa kaikenlaista suunnittelua, joka on hakenut innoituksensa elämästä ja luonnosta. Kirjassaan Bio-ID4S: Biomimicry in Industrial Design for Sustainability teollisen muotoilun tohtori Carlos Hoyos ei tee eroa elollisen ja elottoman luonnon suhteen, vaikka yleisesti vain elollinen luonto mielletään bioinspiroituneen suunnittelun lähtökohdaksi.

Ihmiset ovat koko historiansa ajan katsoneet luontoon ja löytäneet sieltä muotoja kalliomaalauksiinsa ja saviruukkujensa koristeeksi, tai vastauksia metsästämiseen tai lentämiseen liittyviin kysymyksiin. Monet tuotteet ja rakennukset ovat ottaneet vahvasti vaikutteita luonnosta. Ihminen on joko tietoisesti tai tiedostamattaan käyttänyt samoja ratkaisuja kuin häntä ympäröivä luonto.

Bioinspiroituneen suunnittelun yleisimpiä työkaluja ovat biomimiikka, bioniikka ja biomimetiikka. Biomimiikka tulee kreikankielen sanoista *bios*, joka tarkoittaa elämää ja *mimesis*, tarkoittaen imitointia. Biomimiikka perustuu luonnosta oppimiseen, tutkien sitä kestäväen kehityksen näkökulmasta. Usein se mielletään samaksi asiaksi kuin bioniikka ja biomimetiikka eikä niiden välillä tehdä minkäänlaisia eroja. Bioniikka ja biomimetiikka ovatkin hyvin vastaavanlaisia tieteenaloja keskenään, mutta poikkeavat biomimiikasta sillä että ne tarkastelevat luonnosta oppimista teknologisella painotuksella.

Biomimiikka perustuu ajatukseen, että luonto on jo miljoonien vuosien saatossa ratkaissut monet niistä ongelmista, joita me ihmiset nykypäivänä pyrimme ratkomaan. Biomimiikka mieltää luonnon ideoiden ja innovatiivisten ratkaisujen lähteenä. (Carlos Hoyos, 2010)

Harvardin yliopiston robotti mehiläisiä >



<http://wyss.harvard.edu/staticfiles/newsroom/pressreleases/RoboticInsectPhoto02.jpg>





[http://2.bp.blogspot.com/\\_qvjHzwyVGZw/TQwg-zSQCEI/AAAAAAAAB08/h12X87uyzYI/s1600/rto4.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_qvjHzwyVGZw/TQwg-zSQCEI/AAAAAAAAB08/h12X87uyzYI/s1600/rto4.jpg)

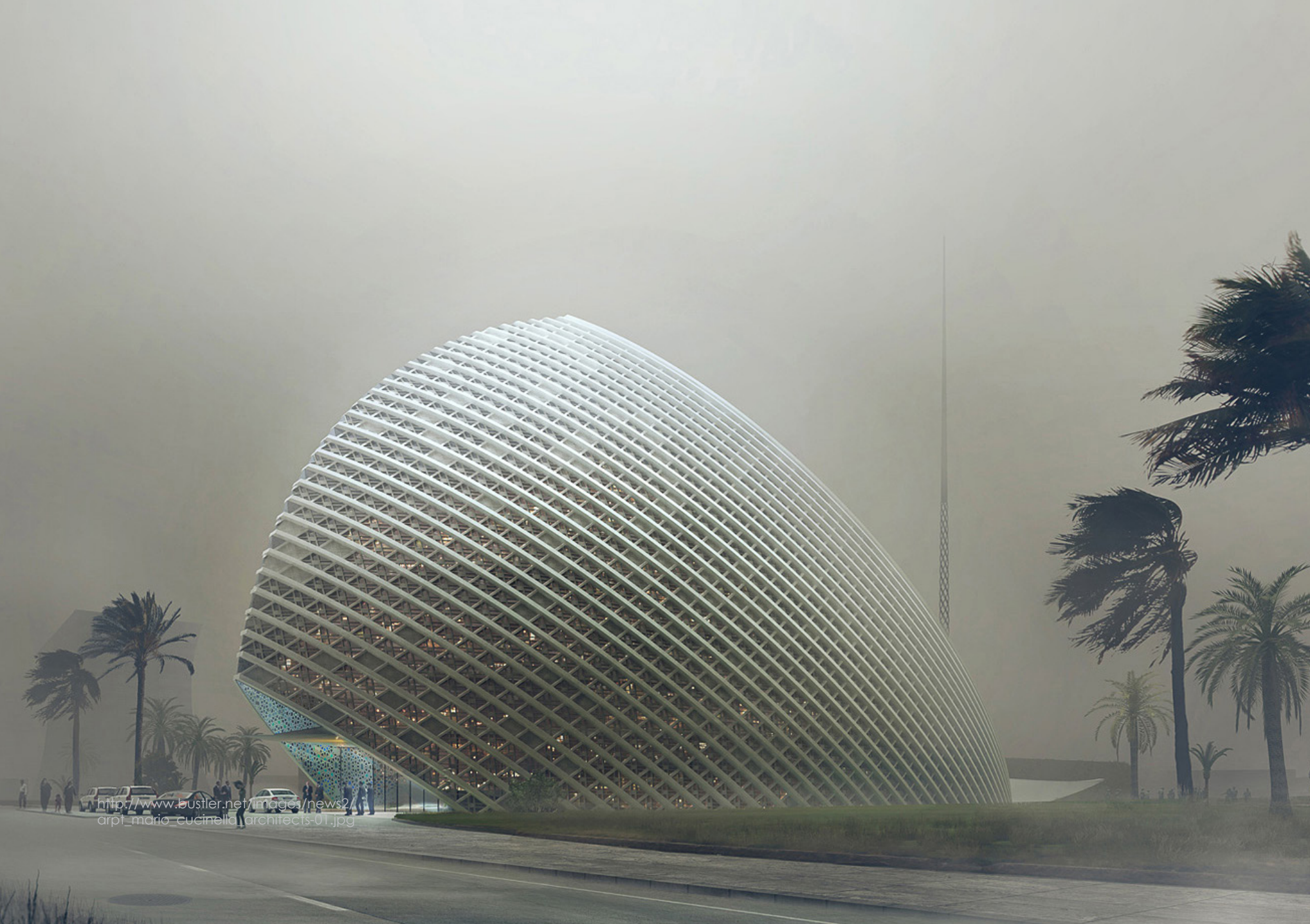
Pier-Luigi Nervi - Palazzetto dello Sport - porraskukka



Kotilon spiraalii

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/NautilusCutawayLogarithmicSpiral.jpg>





## 4.2 Luonnon jäljittely

### Lämmönhallintaa

Australiassa elävät kompassitermiitit rakentavat pesänsä siten, että pesän pituusakseli on täsmälleen pohjois-eteläsuuntaisesti. Pesät ovat korkeita ja pitkiä, mutta kapeita. Muotonsa ja suuntauksensa ansiosta niihin kohdistuu mahdollisimman vähän keskipäivän kuumuutta ja mahdollisimman paljon varhaisaamun, sekä myöhäisiltapäivän lämpöä.

Marcotermes Bellicosus termiittien pesässä on täysin automaattinen ilmanvaihto. Kuumennut hiilidioksidi rikas ilma nousee ylös, ja jatkuvan virtauksen paine pakottaa sen ulos pesään tehtyjen leveiden hormien kautta. Sen tilalle imeytyy lukuisten ohuiden hormien kautta hapetta joka viilenee kulkiessaan pesän seinämien läpi. Viilennyt happirikas ilma johdetaan pesän alimpiin kerroksiin josta se kulkee ylös pesän läpi. (Juhani Pallasmaa, 1995)

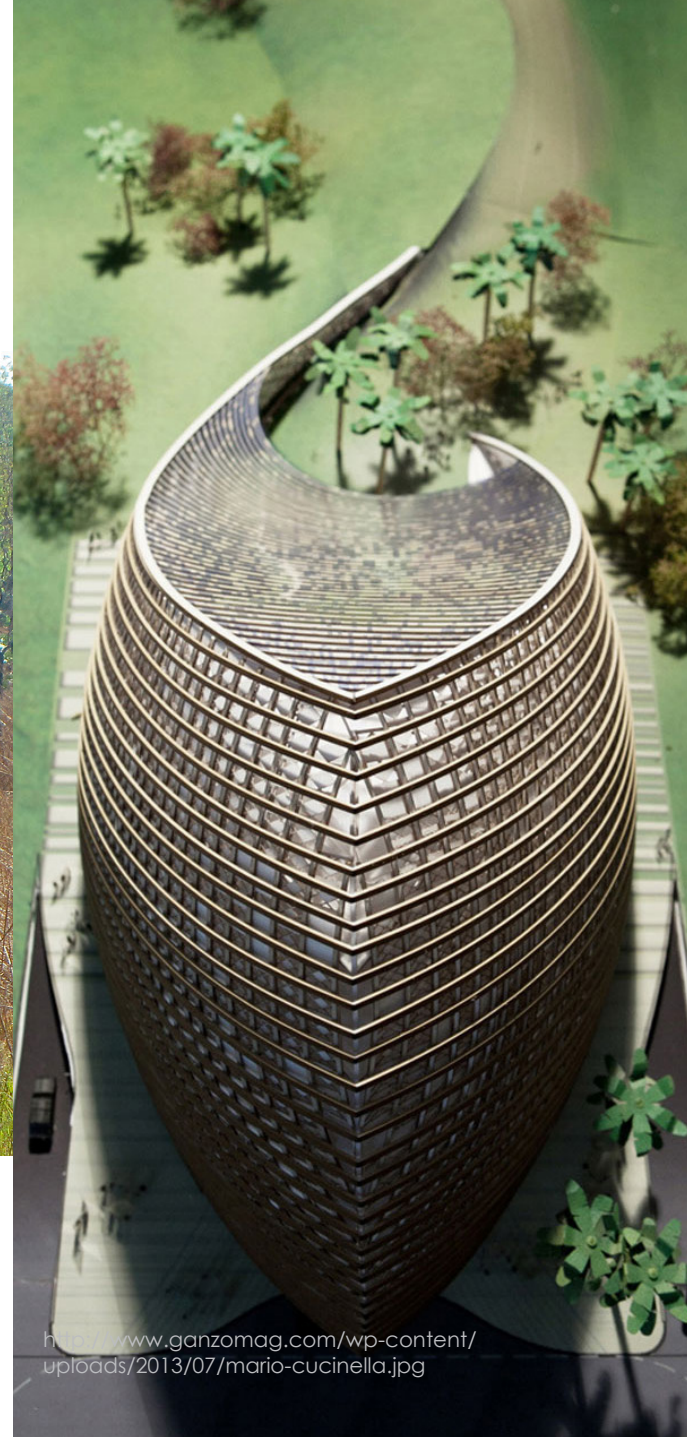
Arkkitehtitoimisto Mario Cucinellan suunnittelema ARPT-päätoimisto hyödyntää näitä molempia termiittien rakennustapoja.

< Mario Cucinella, 2013, ARPT-päätoimisto

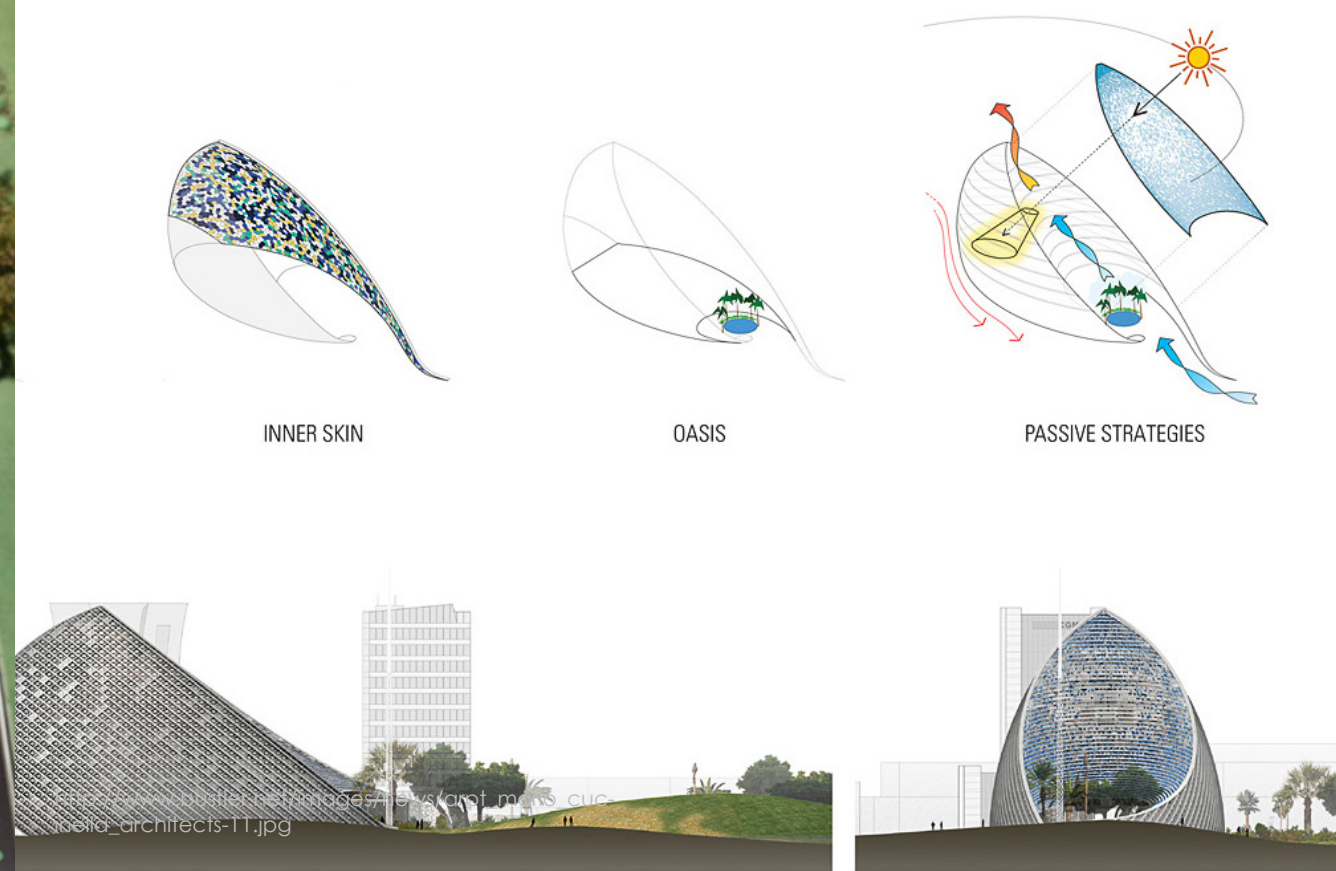




Kompassitermittien pesiä



<http://www.ganzomag.com/wp-content/uploads/2013/07/mario-cucinella.jpg>



Mario Cucinella, 2013, ARPT-päätoimisto



## Tilaa ja lujuutta

Mehiläisten ja ampiaisten kennojen heksagonisen muodon edut on tunnettu jo pitkään. Roomalainen oppinut, Marcus Terentius, kirjoitti vuonna 36 eaa. sen olevan tehokkain tapa käyttää tilaa ja rakenteita. Heksagonista muotoa ja sen sovelluksia käytetäänkin usein paikoissa joissa vaaditaan kevyitä mutta lujia rakenteita.

Heksagonista muotoa käytetään myös paljon visuaalisissa tarkoituksissa.

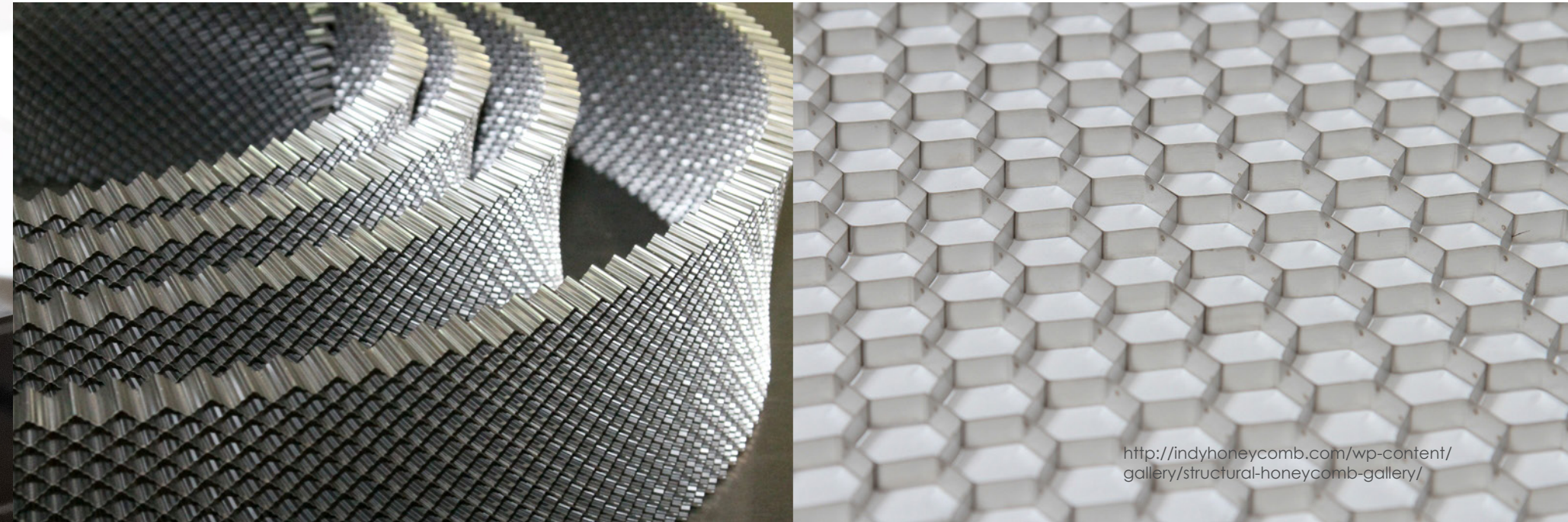


<http://ednaskincare.com/wp-content/uploads/Bees-on-Honeycomb.jpg>





[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/2013\\_IAA\\_BMW\\_i3\\_Honeycomb\\_structure.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/2013_IAA_BMW_i3_Honeycomb_structure.jpg)



<http://indyhoneycomb.com/wp-content/gallery/structural-honeycomb-gallery/>

Lentokoneteollisuuden käyttämiä alumiini- ja teräskennoverkkoja

< BMW i3 auton helmakotelon on vahvistettu kennorakenteella





OCT Art and Design gallerian julkisivu

[https://inkedinblack.files.wordpress.com/2011/08/2010041508535830\\_6.jpg](https://inkedinblack.files.wordpress.com/2011/08/2010041508535830_6.jpg)



Dendro Light - puukennolevyä

[http://www.advancedtechnicalpanels.co.uk/images/tier/img\\_85\\_354\\_original.jpg](http://www.advancedtechnicalpanels.co.uk/images/tier/img_85_354_original.jpg)





<http://cdn.archinect.net/images/615x/2a/2aebc62hd12hmncu.jpg>

Kevyt mutta kestävä rakenne imitoi linnun luuston rakennetta.  
Vähällä materiaalilla saavutetaan kestävä rakenne.

< Marieke Ratsma, Spaho Kostika, 3D-tulostettu kenkä

Matemaattisella algoritmilla lasketut rakenteet  
vastaa luonnon muovaamia rakenteita.

”Puut pystyvät lisäämään materiaalia sinne  
missä ne sitä tarvitsevat. Luusto taasen pystyy  
vähentämään materiaalia sieltä missä sitä ei  
tarvita”. (Joris Laarman 2004)

Joris Laarman, 2004, Bone Chair >



<https://conferodezso.files.wordpress.com/2012/04/02-taschen-collecting-design-joris-laarman-bone-chair-2006.jpg>



## 5Istuminen

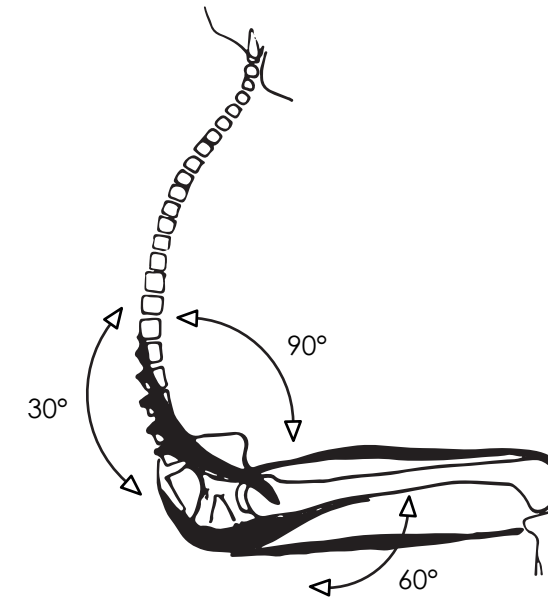
### 5.1 Passiivinen istuminen

Passiivinen istuminen heikentää kehon aineenvaihduntaa, altistaa tuki- ja liikuntaelimestön vaivoille, sekä kasvattaa riskiä moniin elintapaisairauksiin. Tutkimusten mukaan pitkäkestoisen istumisen aiheuttamia haittavaikutuksia ei täysin voida poistaa edes keski- tai korkeatehoisella liikunnalla. Tutkimustulokset viittaavat kaikki siihen, että pitkää yhtäjaksoista istumista pitäisi välttää. (Ilkka Vuori, 2010)

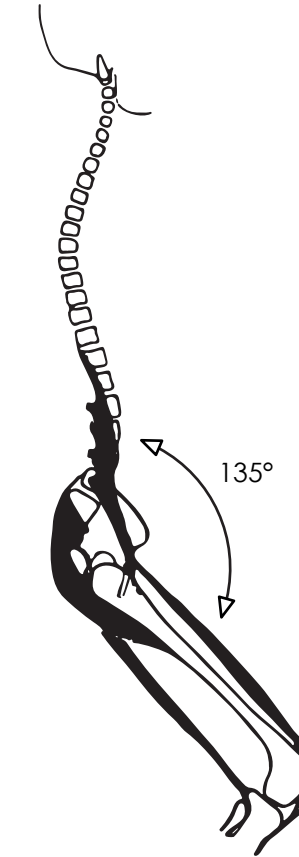
Perinteisessä selkänojallisessa tuolissa, jossa istuma-asento perustuu noin 90 asteen kulmaan lantiossa, lannerangan kaari suoristuu ja seurauksena on välilevyjen epätasainen kuormittuminen joka on haitallista. Tämä suoristuminen johtuu siitä, että lonkkanivel sallii vain 60 asteen liikkeen jolloin loput 30 astetta tulevat lannerangan suoristumisesta. (A.C. Mandal, 1974)

Tutkimuksien mukaan istuessakin esiintyvä liikkumattomuus on erittäin haitallista kehon toiminnalle. Istuminen on lähes lepoa vastaava fyysisesti passiivinen olotila. Suurimmat yksittäiset tekijät ovat aineenvaihdunnan hidastuminen eri kudoksissa ja lihaksissa liikunnan aikana syntyvien aineiden tuotannon tyrehtyminen. Heikentynyt aineenvaihdunta voi johtaa välilevyjen ja nivelien rappeutumiseen. (Ilkka Vuori, 2010)

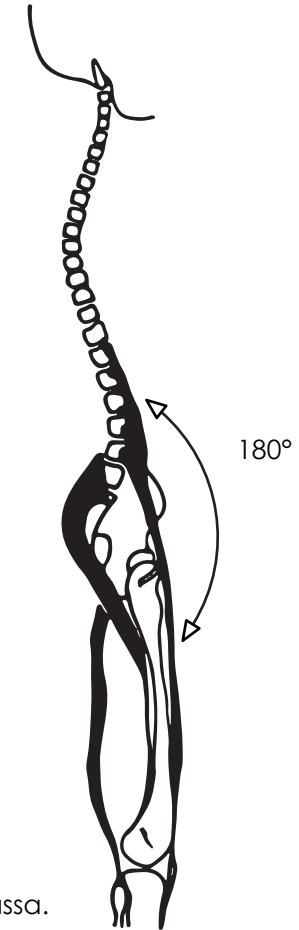
Siltikin, vaikka istumisen haitoista on tiedetty jo pitkään, me vietämme jatkuvasti suuremman osan valveillaoloajastamme istuen. Ihmisestä on tullut Homo Sedens – istuva ihminen.



Lanneranka suoristuu ja kaularanka työntyy eteenpäin.  
Verenkiero alaraajoihin heikkenee.



Lanneranka ja kaularanka linjassa.  
Verenkiero alaraajoihin avoin.







[http://mb.cision.com/Public/6217/9447307/8d691663e7c60472\\_org.jpg](http://mb.cision.com/Public/6217/9447307/8d691663e7c60472_org.jpg)

## 5.2 Aktiivinen istuminen

Aktiivista istumista tukevat tuolit sekä muut istuimet vähentävät kehon kuormitusta pitkäkestoisessa istumatyöskentelyssä. Aktiiviset istuimet vähentävät staattista jännitystä keinumalla ja mukailemalla istujan liikkeitä parantaen samalla ryhdin ylläpitoon tarvittavien lihaksien liikkeitä. Lihaksiston jatkuva liike parantaa verenkiertoa ja ehkäisee nikamiin kohdistuvaa painetta.

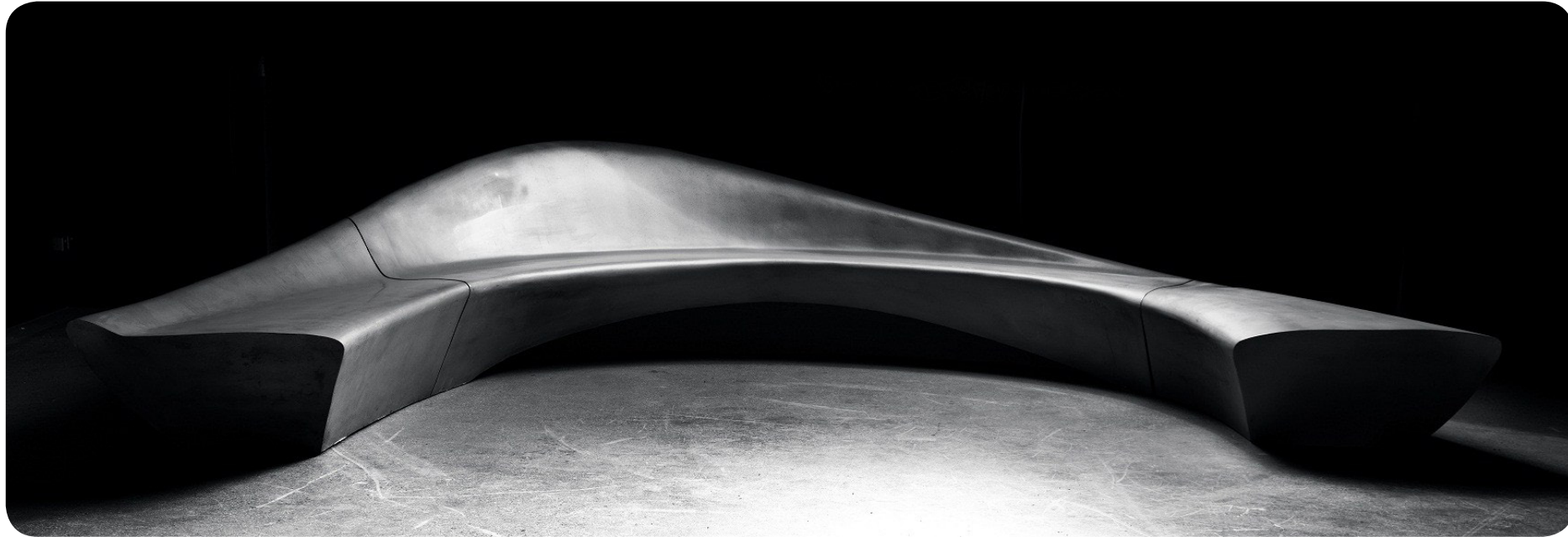
Tutkimusten mukaan aktiivinen istuminen ei kuitenkaan välttämättä riitä kumoamaan istumiseen liitettäviä haittavaikutuksia, sillä pitkäkestoinen istumistyö millä tahansa istuimella yksipuolisissa asennoissa kuluttaa nikamia, jänteitä ja lihaksia. Haittoja voidaan kuitenkin vähentää istumalla yläruumis vapaana ja reidet suunnattuna noin 45 astetta alaspäin. ([http://fi.wikipedia.org/wiki/Istuminen#cite\\_ref-8](http://fi.wikipedia.org/wiki/Istuminen#cite_ref-8))



### 5.3 Betoni istuimet

Betonisia istuimia on käytetty eniten ulkotiloissa. Julkisen sektorin näkökulmasta betoni on hyvä materiaali istuimeksi sen kestävyys ja huoltovapauden takia. Painokin tulee esiin positiivisessa mielessä koska se estää istumien siirtelyn.

Yksityisellä sektorilla betonisia istuimia markkinoidaan myös pääasiassa ulkokalusteina. Paino kuitenkin asettaa omat rajoitteensa betonisten kalusteiden käytölle.



René Holten, BOOMER ONE penkki

Pituus : 5,4 m  
Leveys : 3,15 m  
Korkeus : 1,1 m  
Paino : 880 kg



Alex Litschutz, Coda penkki



Omer Arbel, 8 tuoli



## 6Tavoitteet ja rajaus

### 6.1 Materiaalitavoitteet

Tavoitteena on hyödyntää betonin massaa ja materiaaliominaisuuksia istuimen jalustassa. Massalla on tarkoitus saada tukea ja vastusta liikkeelle. Massan tuomalla vastuksella pyrin myös lisäämään aktiivisen istumisen hyötyjä.

### 6.2 Toiminnalliset tavoitteet

Tavoitteena on suunnitella aktiiviseen istumiseen kannustava istuinkaluste, joka toimii sekä julkisissa että yksityisissä tiloissa. Siirreltävyyden helpottamiseksi, istuinta tulee pystyä liikuttamaan sivuttain rullaamalla.

### 6.3 Visuaaliset tavoitteet

Betoni mielletään usein raskaaksi materiaaliksi, joten tavoitteenani on muotoilla siitä kevyen oloinen tuote. Plastinen ja massoitteellu-  
taan tasapainoinen kokonaisuus, jossa betonin olemus tulee esiin. Koska betoni on altis murtumaan terävistä särmistä, ei niitä tuotteen tule.

Koska betoni on pitkäikäinen ja kestävä materiaali, tavoitteena on saada aikaiseksi aikaa kestävä, kiinnostava muoto.

### 6.5 Rajaus

#### Mitä?

Istuinkaluste joka hyödyntää betonin ominaisuuksia ja kannustaa aktiiviseen istumiseen.

#### Miksi?

Passiivinen istuminen on terveydelle haitallista.

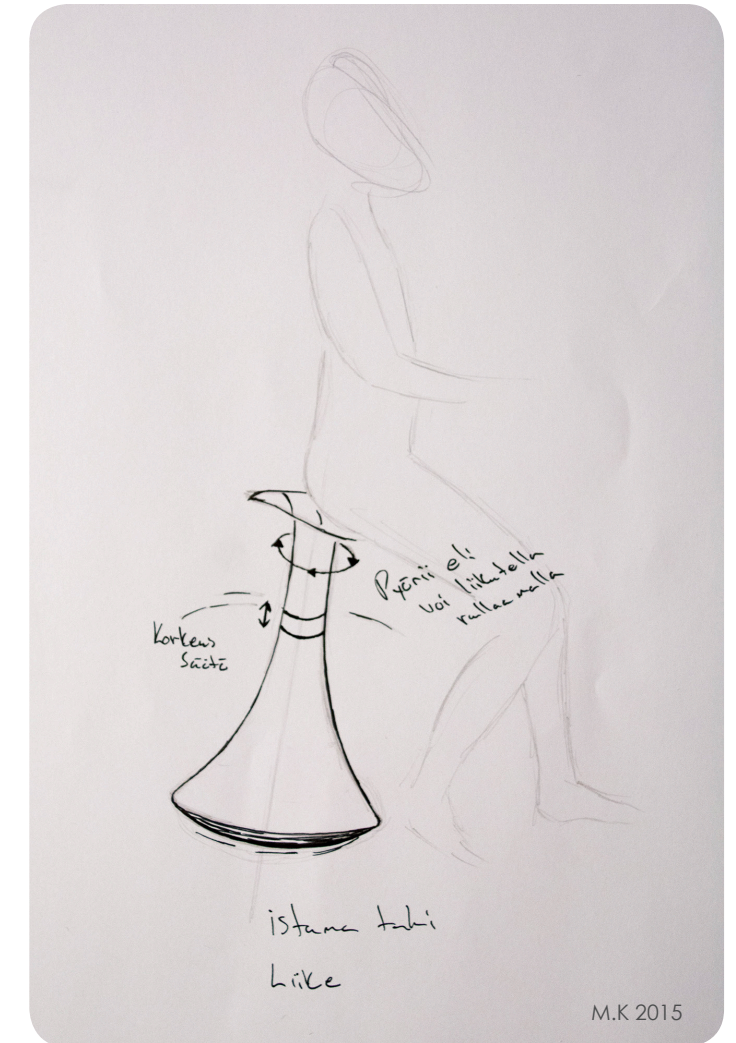
#### Kenelle?

Istuinkaluste kaikille jotka joutuvat istumaan.

#### Toteutuksen taso

Prosessin kuvaus ja prototyyppi.

Valaistuksen hetki >







[http://www.aeris.de/fileadmin/images/muvman/muvman\\_detail\\_05.jpg](http://www.aeris.de/fileadmin/images/muvman/muvman_detail_05.jpg)

EARIS, Muvman



<http://www.ongo.eu/en/products>

ONGO, ONGO classic



[http://www.viaseating.com/wp-content/uploads/2014/09/swopper\\_anthracite\\_black.jpg](http://www.viaseating.com/wp-content/uploads/2014/09/swopper_anthracite_black.jpg)

AERIS, Swopper classic



<http://www.aram.co.uk/chairs/stools-benches/sella-stool.html>

Achille Castiglioni, 1957, Sella Stool



## 7Suunnitteluprosessi

### 7.1 Materiaali lähtökohtana

Materiaali oli työssäni lähtökohtana. Olen aina pitänyt betonista arkkitehtuurissa ja nyt halusin lähteä tutkimaan sen käyttömahdollisuuksia kalustemuotoilussa.

Sisustusbetoni (hienorakeinen korkealujuusbetoni) valikoitui betonimateriaalikseni sen ominaisuuksien ansiosta. Sisustusbetonilla saavutetaan parhaiten haluamani pinnan laatu. Seoksen sisältämät ainesosat myös nostavat sen lujuutta ja iskunkestävyyttä, sekä alentavat ominaispainoa.

Koska betoni on huokoinen materiaali, sen pinnat tahriintuvat helposti. Tästä syystä pinta on suljettava pinnoitteella. Suljettu pinta on helppo pitää puhtaana eikä vaadi toistuvia hoitotoimenpiteitä.

### 7.2 Valmistustekniikka

Valettavana materiaalina betoni vaatii muotin. Muotin suunnittelussa hyödynsin tietämystäni erilaisten materiaalien valamisesta sekä kokemuksiani betonin kanssa työskentelystä. Muotin materiaaliksi valitsin vanerin, joka on yleinen muottimateriaali. Tuotteen muoto jyrsittiin 5-akselisella cnc-ohjatulla jyrsimellä muotin osiin. Muotti muodostui kahdesta erillisestä osasta jotta se voitaisiin helposti avata ja käyttää uudestaan.

Valettavan betonijalustan sisään suunnittelin teräksinen tukirakenteen johon korkeussäädön kaasujousi kiinnitettiin. Kaasujousen päässä oleva kartiomuoto kiilautuu tukirakenteeseen, eikä siten vaadi erillistä mekaanista kiinnitystä. Kaasujousi on siten helposti vaihdettavissa.

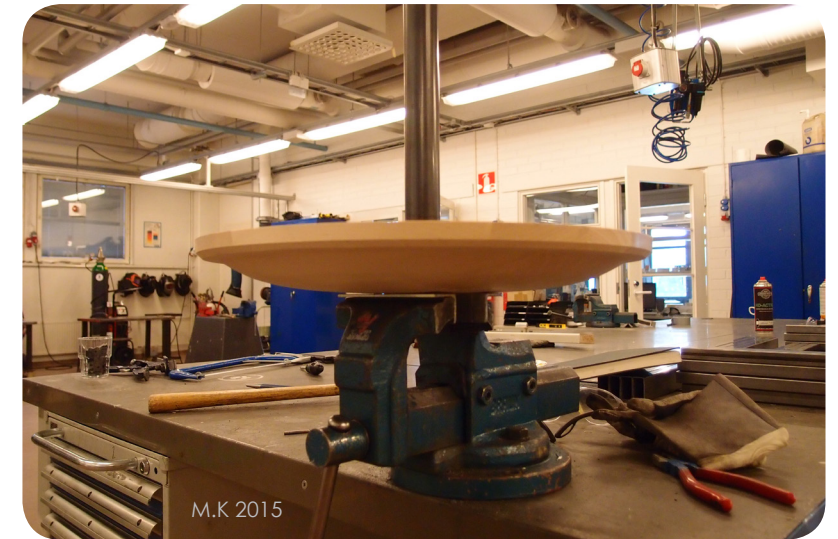
Istuinosan alumiininen kiinnitysosa kiilautuu kaasujouseen kartiomuodon avulla. Kiinnitysosaan tulee myös korkeussäädön vipu. Istuinosa koostuu alustasta ja siihen kiinnitettävästä verhoiluosasta. Verhoiluosan pohjana toimii vaneri johon pehmuste on kiinnitetty liimaamalla. Verhoilukangas pingotetaan pehmusteen päälle ja nidotaan pohjaan hakasniiteillä. Tällä tavoin nitit ja kankaan reuna jäävät alustan ja verhoiluosan pohjan väliin ja istuinosan pohjasta saadaan siisti.

Istuin osan jokaisen sakaran pohjaan tulee kuminen liukueste jonka avulla istuimen voi ripustaa pöydän reunaan säilytykseen tai pois tieltä siivouksen ajaksi.

### 7.3 Dimensiot

Korkeussäädön kaasujousella oli mitoitukseen suuri vaikutus. Halusin istuimeen mahdollisimman suuren säätövaran jotta se sopisi mahdollisimman monelle käyttäjälle. Alimmaksi istuinkorkeudeksi, vapaassa pystyasennossa, määritin kokeiluilla 520mm. Säätövaraksi määrittelin noin 250mm. Tämä mahdollistaa tuotteen käyttämisen sekä istuvassa, että seisovassa asennossa. Kun olin löytänyt sopivan säädettävän kaasujousen, pääsin hahmottelemaan sen ympärille jalustan muotoa.

Jalustan pohjan muodon etsin pajakokeilujen avulla. Sorvasin puusta erimuotoisia kuperia lautasia joilla etsin sopivan kallistuskulman ja halkaisijan jalustaan.





## 7.4 Ergonomia

Istuma-asennon ja istuimen muodon etsin pajakokeiluilla. Istuma-asennon suunnittelin sellaiseksi, että reiden kulma suuntautuu riittävästi alaspäin. Tällöin lannerangan kaari säilyy oikeenemattomana ja välilevyjen kuormitus on tasainen. Tasapainoisessa istuma-asennossa keho saa tukea jalkaterän ja lantion luista, jolloin paino ei kohdistu liikaa pehmytkudoksiin. Avoin lantion kulma edistää tervettä aineen vaihduntaa.

Jalustan massaksi määritin noin 15kg. Tällöin istuin ei ole vielä liian raskas liikuteltavaksi nostamalla, mutta liikkeelle saadaan jo hake-  
maani vastusta.

Istuimen muotoa testailin vanerista ja styroksista tehdyillä kokeiluilla. Muodosta piti saada sellainen, että istuja ei tunne liukuvansa istuimelta pois istuinta kallistettaessa. Istujan painon tulisi kohdistua koko ajan istumaluille.

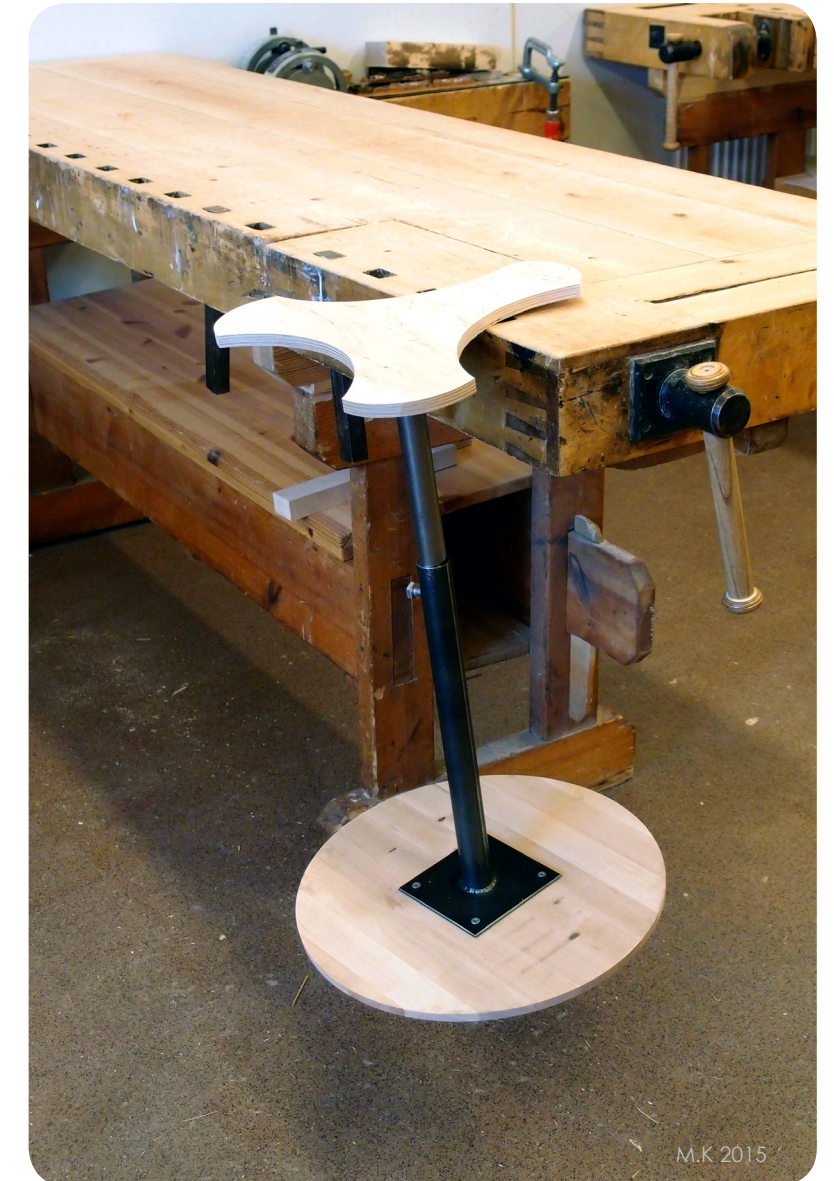
Ensimmäisen kokeilun tein nelisakarisella istuin osalla mutta sen havaitsin heti toimimattomaksi. Istuimen halkaisija olisi kasvanut sillä liian suureksi.

Pyöreässä istuiinosassa rajoittavaksi tekijäksi muodostui, haluamani kallistuskulma. Pyöreä istuin olisi toiminut loivemmalla kulmalla.

Kolmisakarainen istuin osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi ja sen muotoa hain useilla kokeiluilla. Kokeiluja olisin voinut jatkaa vielä pidempään mutta päätös muodosta oli tehtävä, jotta pääsin protoa rakentamaan.

Kokeilujen tutkiskelua, ergonomia "mallina" Esko >

Tason reunasta roikottaminen >>







Eero Saarinen, 1962, TWA terminaali

### 7.5 Muotokieli, tyyli ja tunnelma

Jalustan muotokielessä pyrin toteuttamaan löytämäni betonille ominaista muotokieltä. Rauhallinen ja plastinen olivat tavoittelemani ominaisuudet.

Tuotteeni muotoiluun vaikutti vahvasti Eero Saarisen suunnittelema TWA:n terminaali. Tämä ei itseäni yllättänyt koska kyseinen rakennus on mielestäni eräs kauneimpia rakennuksia.

Työni muoto oli alusta asti vahvasti sidoksissa sen funktioon. Jalustan pohjan muoto, sekä istuinosan muoto, muotoutuivat haptisten kokeilujen kautta pajalla.

Tunnelmaltaan lopullinen tuote on rauhallinen vaikka siinä on mukava liike.



## 8Lopputulos

### 8.1 Esittely

**core**  
*istuma- ja seisonatuki*

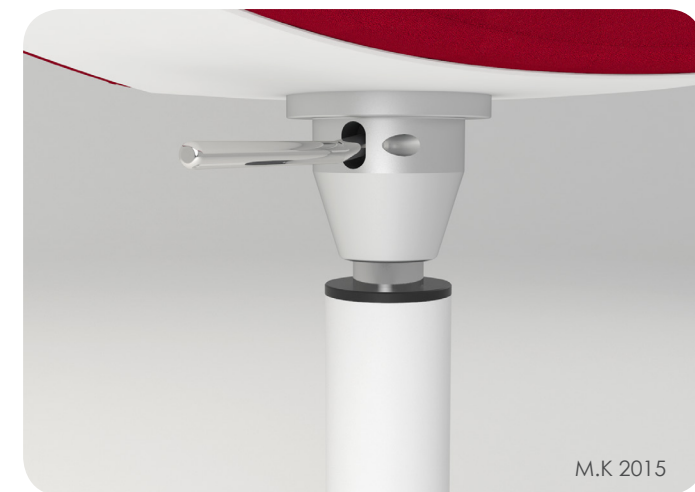


M.K 2015



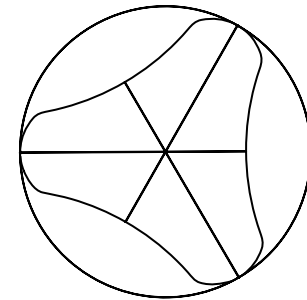
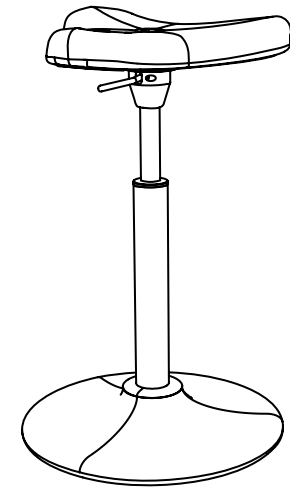
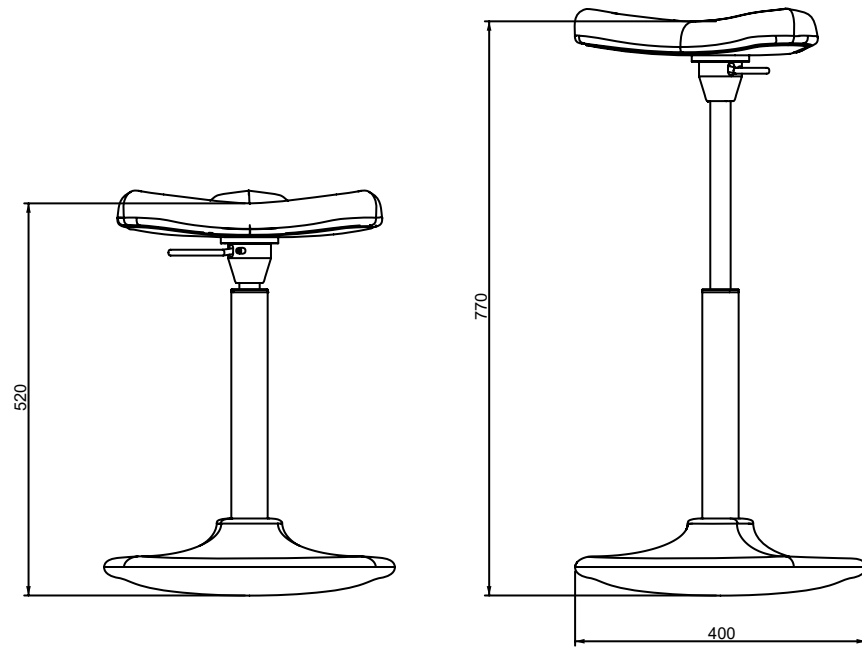
M.K 2015

CORE istuma- ja seisonatuki soveltuu laajan säätövaransa ansiosta monen mittaisille henkilöille. Lantion kulma säilyy avoimena jolloin aineenvaihdunta ei häiriinny. Istujan yläruumis on vapaa liikkumaan ja on hyväryhtinen ilman tukia.



M.K 2015





M.K 2015

## 8.2 Käyttöympäristöt



M.K 2015





M.K 2015



M.K 2015



## 9 Arviointi

### 9.1 Tuote

CORE toimii sille asettamieni tavoitteiden puitteissa melko hyvin. Istuma- ja seisona tuki jossa betonin massa toimii tehostamassa ja vakauttamassa istujan liikkeitä. Muotoilullisesti CORE muodostui hieman insinöörimäiseksi työksi. Muotoiltavaa jäi toiminnallisuuden jälkeen jäljelle melko vähän.

COREn teknisiin ratkaisuihin olen tyytyväinen. Valumuottien materiaalina sarjavalmistuksessa tulisi varmasti olemaan polyuretaanikumi joka mahdollistaisi muoteille pitkän käyttöiän. Ulkoista ilmettä saadaan helposti muutettua väreillä ja kankailla.

### 9.2 Prosessi

Prosessin alku oli itselleni haastava. Lähestyin tuttua asiaa tuntemattomalla tavalla. Betoni materiaalina itselleni hyvinkin tuttu ja turvallinen, johtuen talonrakentaja taustastani, mutta nyt perehdyin siihen syvemmin. Se taas ettei minulla ollut prosessin alussa mitään käsitystä siitä mitä tulisin tekemään oli uutta. Käsityöläisenä olen tottunut suunnittelemaan tuotteita jonkinlaisen tehtävänannon pohjalta. Joko itseni tai asiakkaan sanelemien rajojen puitteissa olen vienyt suunnitteluprosessini läpi.

Tein päätöksen etten piirtäisi mitään tuotetta, ennen kuin olisin varma siitä mitä olisin tekemässä. Prosessi etenikin siten pitkään vain kirjaamalla muistiinpanoihin havaintoja ja tutkimalla eri lähteitä.

Massan ja liikkeen yhdistämisen noustua esiin, pääsin etenemään taustatutkimuksessani. Taustoitin istumiseen liittyviä terveysvaikutuksia ja jo markkinoilla olevia tuotteita. Taustoituksen jälkeen prosessi siirtyikin itselleni tuttuun ympäristöön eli pajalle. Pajalla työ lähtikin etenemään vauhdilla.

Kokeiluvaiheen jälkeen pääsin proton valmistuksen pariin. Proton valmistus eteni hyvin ja vaivattomasti. Tässä vahva tekemisen taustani auttoi paljon.

### 9.3 Jatkokehitys

Onko CORE valmis? Ei. Se on proto josta pienen tuotekehityksen päätteeksi voisi syntyä hyvä tuote. Sekä pohjan, että istuinosan muodon kanssa pitäisi vielä jatkaa haptisia kokeiluja ja kerätä käyttökokemuksia laajemmalta ihmisotannalta.



M.K 2015



## Lähteet

### Kirjat

Joachim Fischer , 2008, Concrete, H. F. Ullmann, Potsdam  
Manuela Roth, 2012, Concrete Architehture & Design, Braun, Salenstein  
Rakennustieto, 2008, Concrete Architehture in Finland, Rakennustieto publishing, Helsinki  
Sarah Gaventa, 2006, Conctere Design, Mitchell Beazley, Lontoo  
Paolo Portoghesi, 2000, Nature and Architehture, Skira Editore S.a.P, Milano  
Juhani Pallasmaa, 1995, Eläinten Arkkitehtuuri, Suomen rakennustaiteen museo, Helsinki  
Montana Hoyos, 2010, Bio-ID4S: Biomimicry in Industrial Design for Sustainability, VDM Verlag, SaarBrücken

### Netti

Wikipedia, <http://fi.wikipedia.org/wiki/Betoni>  
Salli Systems, <http://www.salli.com>  
Betoniteollisuus ry, <http://www.betoni.com/>  
Suomen Betoni ry, <http://www.betonyhdistys.fi/>  
Graafinen betoni oy, <http://www.graphicconcrete.com/fi/>  
Joris Laarman Lab, <http://www.jorislarmann.com/bone-furniture.html>  
UKK-Instituutti, <http://www.ukkinstituutti.fi>  
Jenny Pynt, Joy Higgs, 2010, A History of Seating 3000BC to 2000AD, Function vesus Aesthetics, <https://books.google.fi/http://www.architonic.com/ntsht/concrete-in-architecture-1-a-material-both-stigmatised-and-celebrated/7000525>

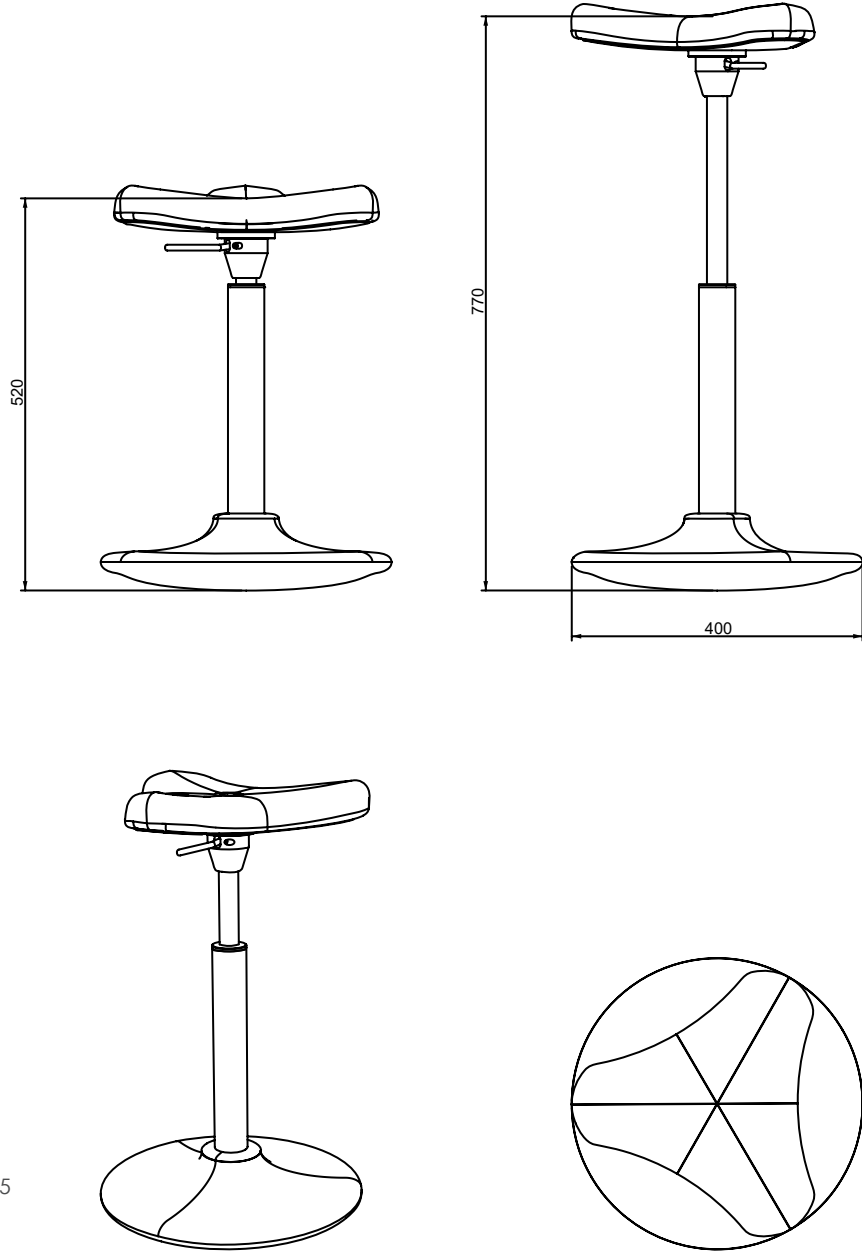
## Artikkelit

Betoniteollisuus ry, 2010, Betoni on kestäväkehityksen materiaali  
Betoniteollisuus ry, 2010, Betonirakenteiden ympäristöominaisuudet  
Ilkka Vuori, 2010, Vaarantaako istuminen terveytesi?  
Juliet Farmer, 2003, Blending impulse, Concepts, Function and Form, Wanda Ellerbeck haastattelu, [http://www.concretenetwork.com/jfarmer/wanda\\_ellerbeck.htm](http://www.concretenetwork.com/jfarmer/wanda_ellerbeck.htm)  
A.C. Mandal, 1974, HOMO SEDENS - The seated man  
Anthony Hill Designs Limited, 2005, Our Back in the Future



Liitteet 1

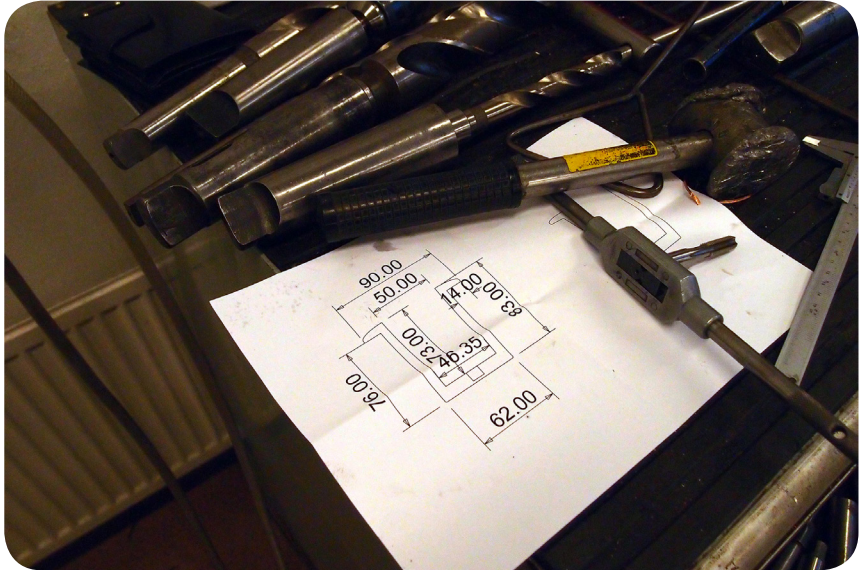
Mitat



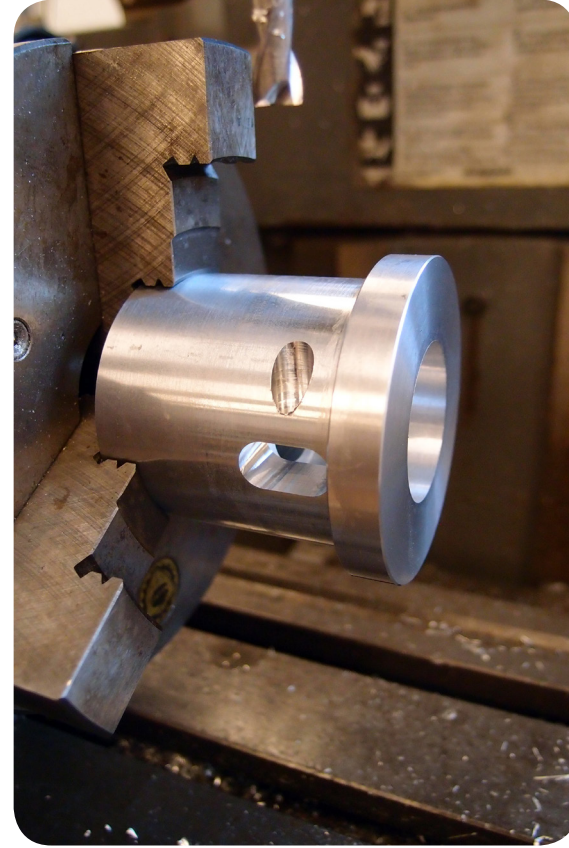
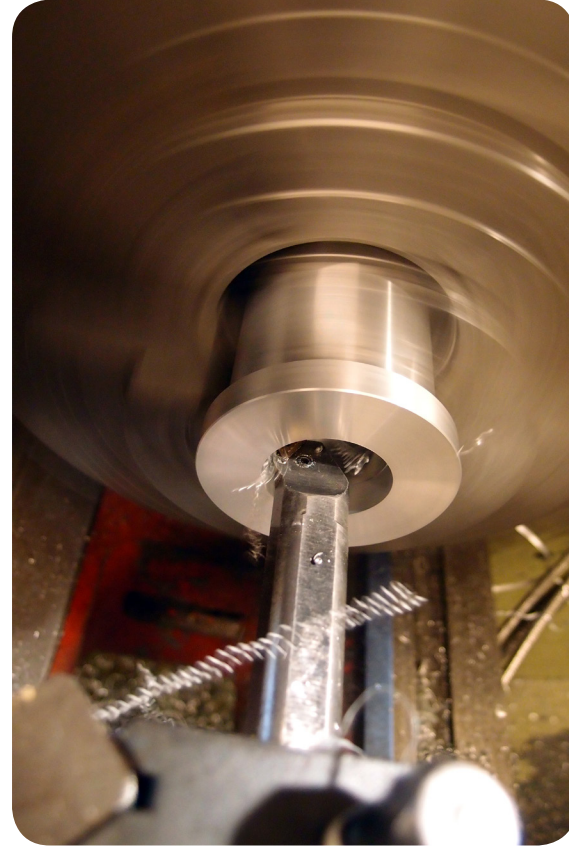
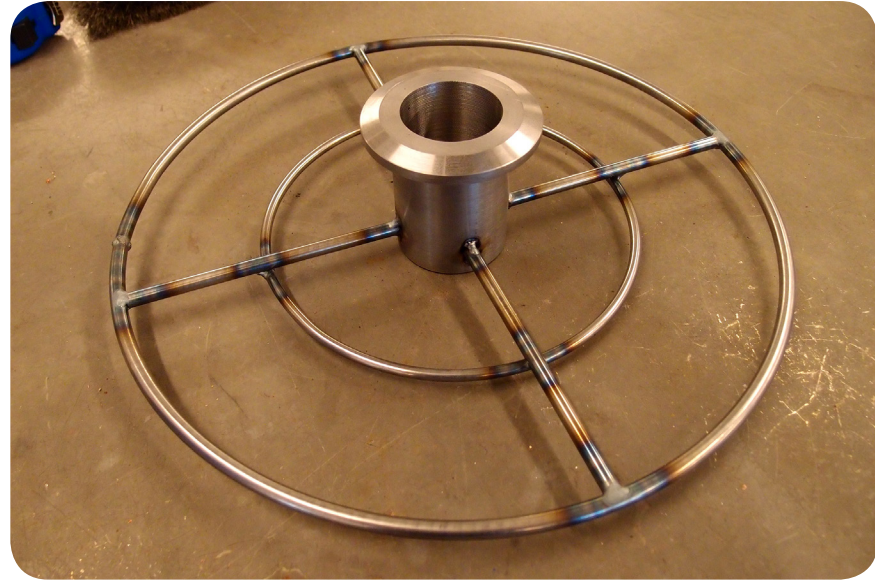
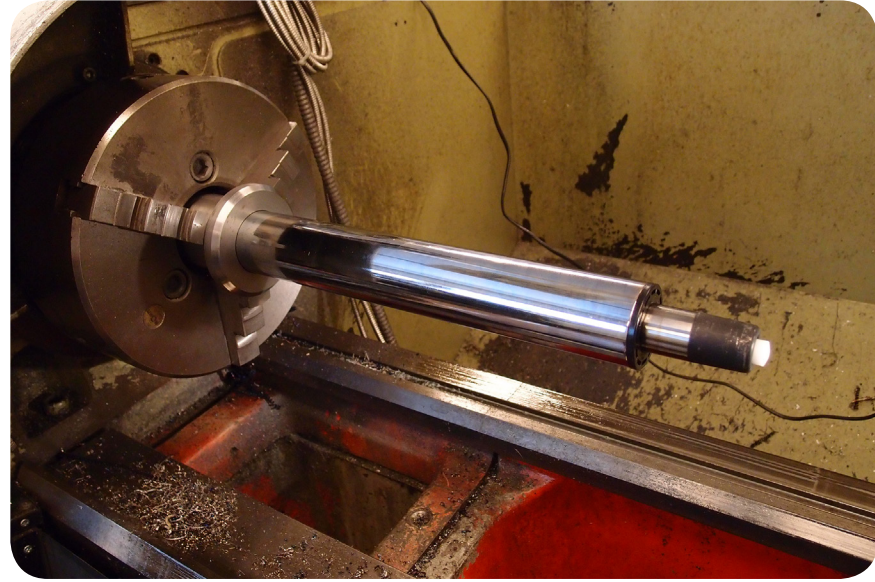
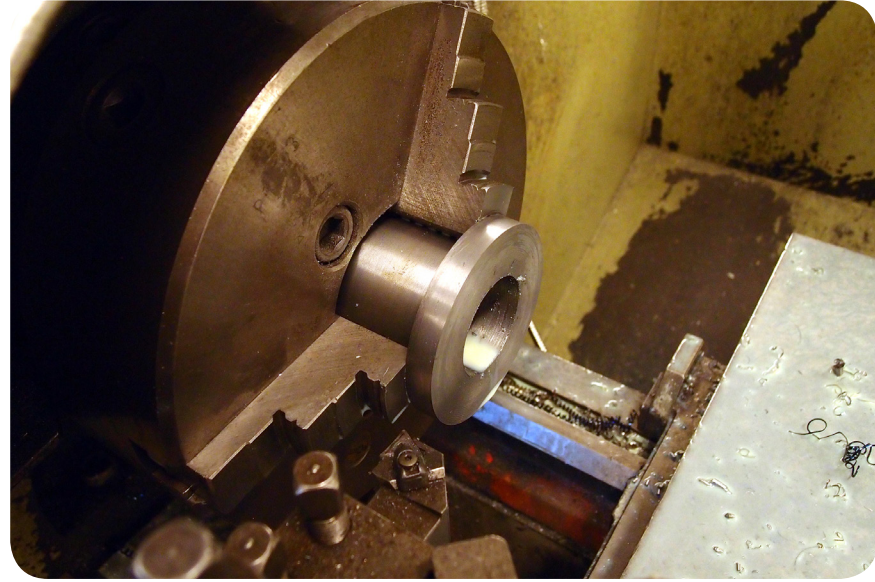
M.K 2015

Liitteet 2

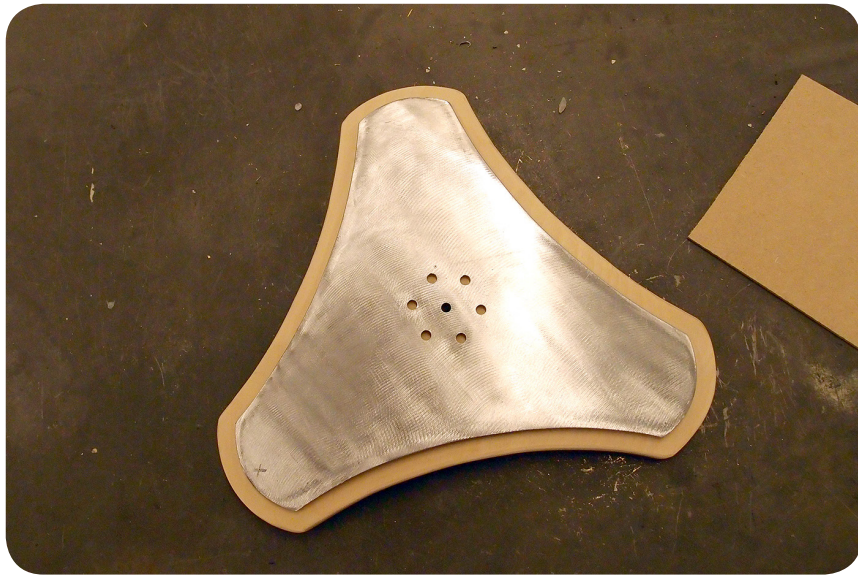
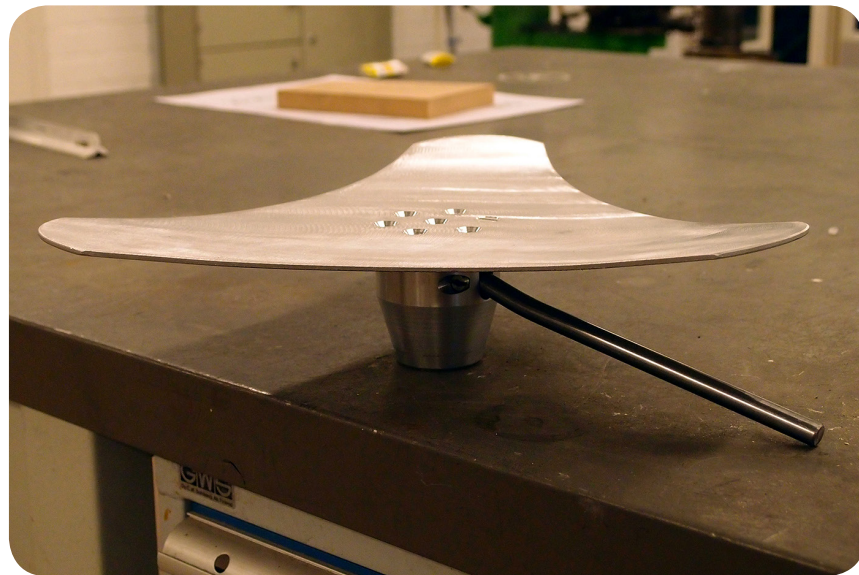
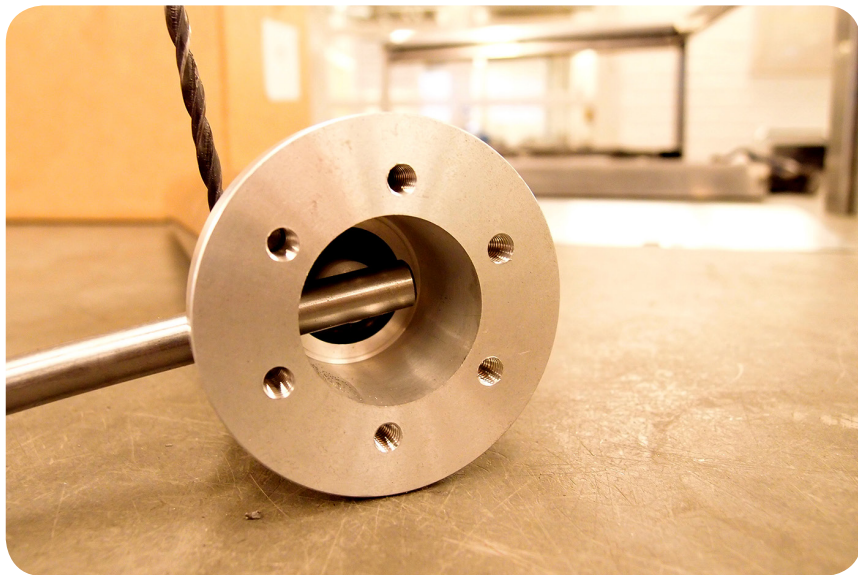
Kuvia proton valmistuksesta



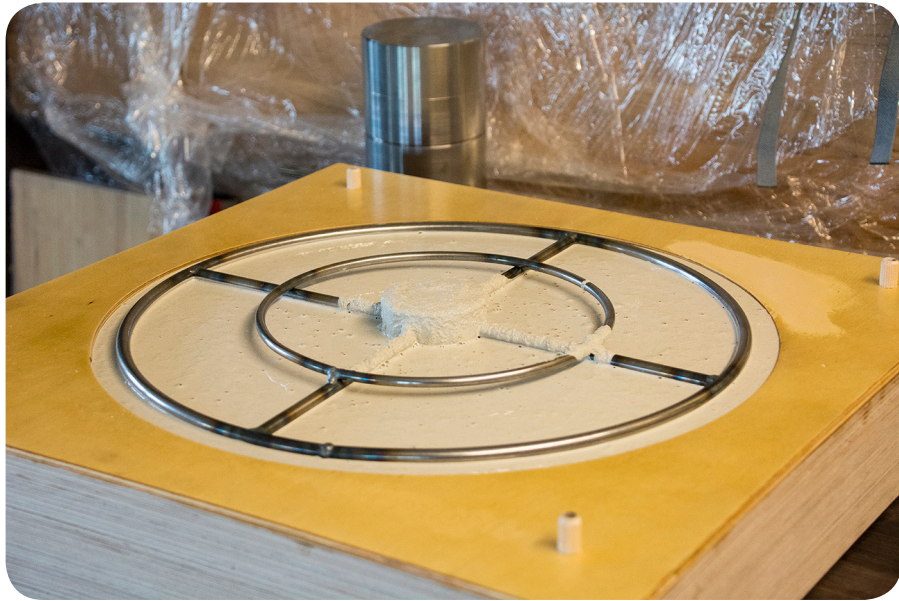








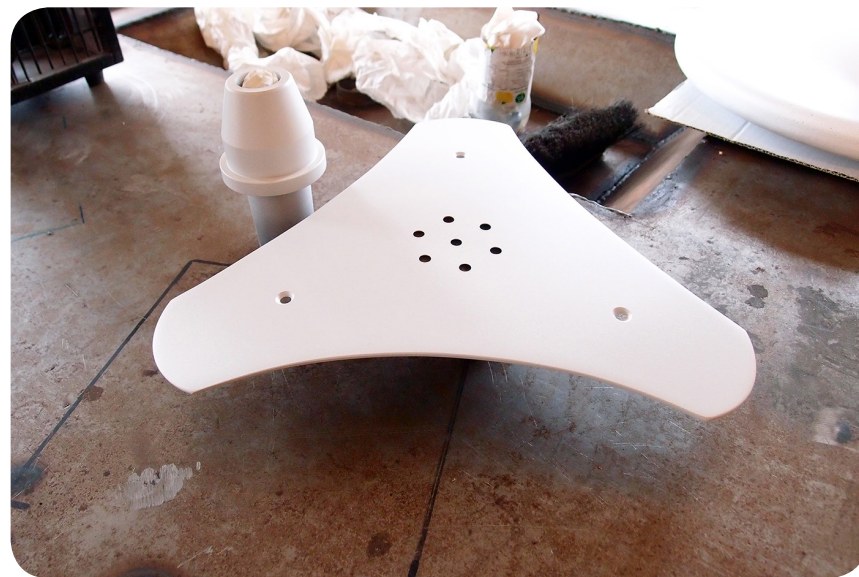














Liitteet 3  
Valmis proto

